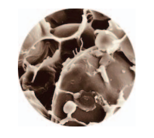
P. Roussel, B. Onno, E. Michel, D. Sicard, coord.



La panification au levain naturel

Glossaire des savoirs







Philippe Roussel, Bernard Onno,
Elisa Michel, Delphine Sicard, coord.

La panification au levain naturel

Glossaire des savoirs



Remerciements

Nous tenons, en premier lieu, à remercier l'ensemble des acteurs du projet de recherche BAKERY sans qui ce glossaire n'aurait pas vu le jour. Ce travail a été enrichi par les échanges de pratiques et de connaissances au cours des rencontres au fournil organisées à la Ferme d'Orvilliers par Hélène Chaudy-Simon et Philippe Roussel, à la SCOP Pain Virgule par Xavier Del'Armi, à l'INRAE de Nantes par Bernard Onno et Hubert Chiron, et au cours de la dernière rencontre du projet BAKERY organisée en Bourgogne par Agnes Ageorges, Delphine Sicard et Cécile Dubard. Ce glossaire s'est également nourri des nombreux échanges lors des expérimentations de recherche réalisées au fournil par les boulangers et paysans-boulangers : Hélène Chaudy-Simon et Benjamin Pelletier, Xavier Dell'armi, Lili Moyses, et Michel Perrin. Nous sommes aussi reconnaissants envers le Biocivam de l'Aude, Cécile Dubard et Gérard Paillard qui nous ont permis d'utiliser leurs photographies.
Nous souhaitons aussi remercier chaleureusement les personnes qui n'étaient pas directement participants au projet BAKERY mais qui y ont contribué par leur partage de savoirs et par leurs corrections attentives : Hubert Chiron, Marc Dewalque, Valérie Lullien, Lauriane Mietton et Marie-Hélène Morel.

Éditions Quæ
RD 10, 78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com

ISBN papier : 978-2-7592-3166-9 – ISBN PDF : 978-2-7592-3167-6
ISBN ePub : 978-2-7592-3168-3

Cet ouvrage a bénéficié du soutien financier de INRAE.

Avant-propos

De la démarche participative à la construction d'un glossaire

Ce glossaire a été construit dans le cadre d'un projet de recherche participative financé par l'Agence nationale de la recherche, référencé « BAKERY » (ANR-13-ALID-0005 BAKERY), qui avait pour intitulé : « Diversité et interactions d'un écosystème agroalimentaire, Blé/Homme/Levain, à faible intrant : vers une meilleure compréhension de la durabilité de la filière boulangerie ». Ce projet incluait huit partenaires : cinq unités de recherche (l'unité mixte de recherche Sciences pour l'Œnologie, les Centres de ressources biologiques CIRM-levures et CIRM-bactéries d'intérêt alimentaire, l'unité mixte de recherche Biodiversité, AGroécologie et Aménagement du Paysage, l'unité mixte de recherche Génétique quantitative et évolution Le Moulon), une équipe d'enseignants-chercheurs de l'École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation (Oniris), une équipe de l'université de Bretagne Occidentale (UBO), l'Institut technique d'agriculture biologique (ITAB), et deux associations de paysans et paysans-boulangers, le Réseau semences paysannes et Triptolème. Au total 42 chercheurs académiques de disciplines variées (génétique évolutive, agronomie, microbiologie, biomathématiques, sociopsychologie), 55 artisans boulangers « bio » au levain/paysans-boulangers et 5 animateurs ont participé à la réalisation de ce projet.

Le contexte de l'étude

Le projet de recherche s'intégrait pleinement dans une recherche de systèmes alimentaires durables.

Par définition (FAO, 2010), un système alimentaire durable doit contribuer à préserver la diversité biologique et culturelle et conduire à une meilleure utilisation des fonctions écologiques des écosystèmes, tout en prenant en compte la dimension sociale et économique.

Le projet a permis de réfléchir à la durabilité de la filière boulangerie dans sa dimension environnementale et sociale et d'œuvrer à son renforcement.

Il s'est ainsi attaché à caractériser la biodiversité des levains et la qualité du pain dans des circuits traditionnels courts et locaux mettant en œuvre des pratiques agroécologiques. Si l'approche conceptuelle du développement durable prend en compte les trois dimensions environnementale, économique et sociale, elle intègre aussi quatre principes dans la mise en œuvre des actions pour un développement durable : la solidarité, la précaution, la participation et la responsabilité.
Durant le projet, et en réflexion collective, les acteurs – boulangers et chercheurs – se sont posé les questions du transfert, de l'utilisation et de l'appropriation des connaissances par la filière boulangère.

Démarche de coconstruction de connaissances

L'organisation participative et ouverte des expérimentations et des restitutions a généré des attentes chez les boulangers. Il s'agissait notamment de mieux comprendre les connaissances scientifiques et technologiques en vue de leur utilisation pour une meilleure maîtrise des pratiques professionnelles. Pour les chercheurs, la connaissance plus concrète des savoirs et des pratiques professionnelles a été source d'enrichissement et de questionnement en vue d'évaluer l'intérêt et la pertinence de leurs résultats, toujours dans l'objectif d'une meilleure compréhension de la durabilité de la filière boulangerie.
Afin d'illustrer notre démarche, nous faisons référence aux propos de Paulo Freire dans son ouvrage *Pedagogia do Oprimido* (1968) : « Personne n'éduque personne, personne ne s'éduque seul, les hommes s'éduquent ensemble par l'intermédiaire du monde », où l'expression collective du besoin est un point important de la recherche de la connaissance.
La coconstruction s'est faite à la fois :
— dans l'élaboration d'un langage commun défini de manière compréhensible par l'ensemble des acteurs pour communiquer sur les pratiques et savoirs des acteurs (boulangers, chercheurs) en intégrant les connaissances nouvelles issues du projet BAKERY ;
— dans le partage des connaissances et des questionnements scientifiques au sein d'un cadre académique mais aussi dans un cadre professionnel boulanger. Ainsi, deux rencontres en fournil de boulangerie ont été organisées, avec pour chacune cinq boulangers et cinq chercheurs et un thème d'approfondissement plus spécifique.
Cette démarche impliquait donc d'identifier les besoins de connaissances, de bien se comprendre entre acteurs et, ainsi, de pouvoir échanger, recueillir, comprendre la connaissance existante du domaine et en intégrer de nouvelles.

Elle avait pour objectif de répondre aux questions suivantes :
— comment croiser les savoirs sensibles, empiriques, académiques autour de la boulangerie au levain ?
— comment transférer des connaissances issues de méthodes expérimentales fondées sur la mesure à un milieu et à des acteurs qui travaillent par l'observation ?
— comment les connaissances qui auront été acquises pendant le projet permettent de renforcer la durabilité de la filière boulangerie (ex : aspects réglementaires, intégration de données dans les pratiques boulangères pour une meilleure maîtrise des fabrications, etc.) ?
— comment ces connaissances permettent aux boulangers de mieux comprendre leur métier (ex : impact des facteurs technologiques, environnementaux, rôle du microbiote, etc.) et aux chercheurs de mieux cibler les questions de recherche ?

Méthodologie de conception et rédaction du glossaire

Le glossaire présenté ici est un des moyens que nous avons développés pour coconstruire des connaissances et les questionner. Il vise à répondre aux objectifs suivants :
— favoriser l'appropriation et l'intégration des connaissances dans la pratique de la boulangerie au levain ;
— définir, expliquer la terminologie utilisée par les différents acteurs du projet BAKERY ;
— identifier les termes synonymes ;
— faire des liens entre les mesures et les analyses d'une part, et les observations pratiques d'autre part.
Pour faciliter la compréhension et l'appropriation de ces connaissances, différentes approches ont été utilisées :
— relevé du vocabulaire utilisé par les acteurs de la filière dans le cadre du projet de recherche ;
— écriture et relecture des définitions par plusieurs acteurs du programme de recherche ;
— utilisation de schémas et de photos pour illustrer certaines définitions ;
— renvois vers des définitions complémentaires des termes marqués en caractère gras qui doivent permettre de naviguer dans l'ensemble de cette terminologie et d'avoir une vision globale du système étudié.

Introduction

L'alchimie du pain

Le pain est un aliment issu d'un procédé qui met en œuvre quatre opérations unitaires (pétrissage, façonnage, étapes de fermentation et cuisson). Il est obtenu par cuisson au four d'une pâte pétrie, fermentée et mise en forme, composée essentiellement de farine (blé, épeautre, seigle, etc.), d'eau, de sel et d'un agent de fermentation (levure ou levain).

Le pain, c'est avant tout la sublimation de la transformation du blé. À l'image des compagnons du Tour de France qui vont travailler la matière de son extraction à sa transformation, la panification relève de la même approche qui consiste à connaître et à rechercher son matériau de base pour le travailler en adaptant ses pratiques afin d'obtenir le résultat souhaité.

Le pain n'est pas issu d'un assemblage comme la pâtisserie. Si sa recette et son procédé de fabrication semblent plus simples, il est le résultat d'un subtil équilibre entre fermentation et stabilité de la pâte. En effet, le boulanger doit gérer l'activité fermentaire dépendant de la biodiversité microbienne mais aussi tenir compte d'une diversité biologique liée aux activités enzymatiques issues de la farine et des micro-organismes.

Les variations de texture et de goût trouvent ainsi leurs origines dans les différences qualitatives de la matière de base, le blé, auxquelles la spécificité du ferment, le levain, et les savoir-faire apporteront une diversité recherchée par des consommateurs curieux et avertis.

Diversité des pratiques

Le pain du paysan boulanger s'élabore avec de la farine issue, en partie, des céréales qu'il produit; céréales dont les semences ont souvent pour origine ses propres mélanges et sa sélection. À cela s'ajoutent le ferment, presque essentiellement du levain naturel, et l'eau; seul le sel viendra s'imposer comme intrant dans cette dynamique de la transformation de la farine, même si son dosage reste limité. Ces pratiques requièrent un minimum d'énergie, excepté la cuisson.

L'artisan boulanger « bio » fabrique également du pain au levain avec des pratiques variées : utilisation possible de pétrins mécaniques, de chambres à température régulée, recours à des conditions particulières de durée de pétrissage et de température de fermentation, diversité de céréales et de mouture.
Quant au boulanger conventionnel, qui travaille au levain, il utilise des méthodes standardisées dans le choix des ferments et des matières premières, et applique des procédés de panification plus rapides.
Cette pluralité de pratiques entraîne des modifications des mécanismes physico-chimiques amenant des observations et des perceptions différentes. La culture boulangère s'enrichit de cette diversité, mais celle-ci la complexifie et conduit à des besoins de définitions, d'explications et d'illustrations.

« Observer » le quotidien du boulanger

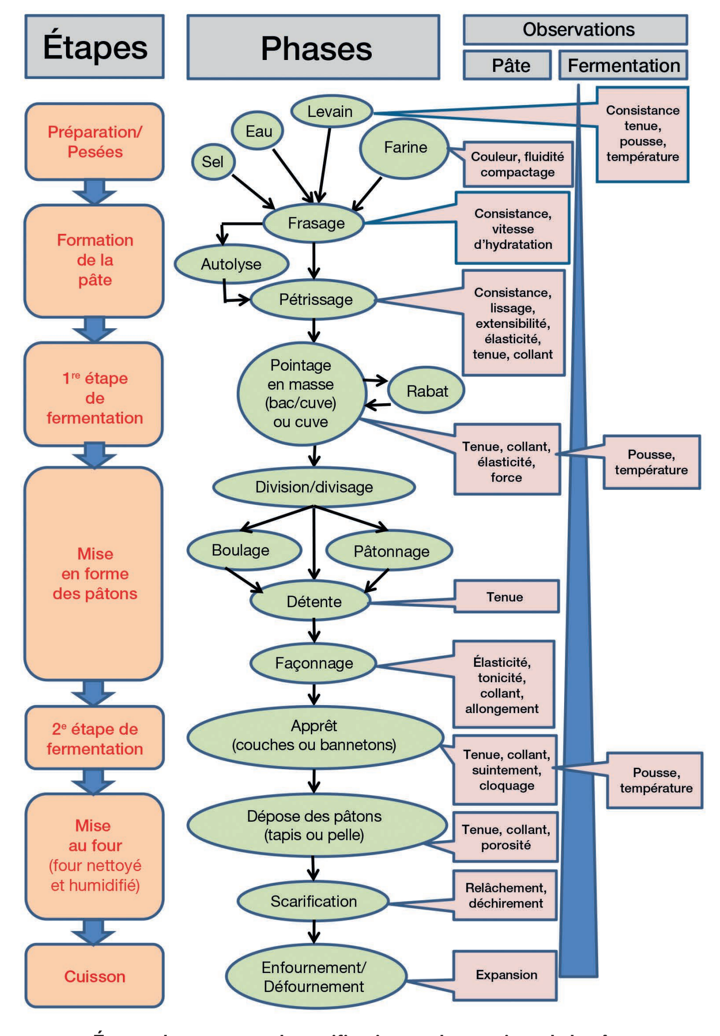
La panification est un processus complexe pendant lequel le boulanger doit gérer à la fois la qualité de la pâte au début du pétrissage mais aussi son évolution au cours du temps. Durant la première étape de fermentation (pointage), il doit notamment s'assurer de l'activité même de fermentation et de l'évolution de la stabilité de la pâte. Les caractéristiques acquises déclenchent le moment de la division et du façonnage de la pâte. Celle-ci doit être en état optimal pour supporter une deuxième étape de fermentation suffisamment longue, sans que la pâte ne relâche trop fortement pour être apprêtée vers la dernière phase qui est la cuisson.
Pour mener à bien son travail, le boulanger réalise une multitude d'observations qu'il intègre sans réellement en être toujours conscient, mais qui lui permettront de prendre une décision.
Cette complexité est difficilement modélisable, car elle est multifacteurs, faut-il s'en réjouir ou le déplorer ? Il est certain que si les approches sont souvent subjectives, il n'en reste pas moins qu'elles conduisent à une diversité de comportements de la pâte et de caractéristiques des pains qui s'oppose à la standardisation.

Complexité des représentations et des savoirs

Estelle Masson et Sandrine Bubendorff (2016) évoquent la complexité des représentations et des savoirs dans les interviews réalisées auprès de boulangers participants au projet BAKERY. Citons pour exemple le compte rendu des interviews consacrées au thème du levain comme produit vivant :

> Les représentations associées au levain se structurent autour de l'affirmation de sa nature vivante, dont les caractéristiques changent au fil du temps.

Les professionnels procèdent dans leur discours à une anthropomorphisation du levain («il est faiblard», «il est dynamique», «a ses humeurs», etc.). Elle s'exprime également par l'établissement d'une homologie avec les cycles de la vie humaine et leurs caractéristiques (par exemple, son vieillissement est traduit en termes de «perte de performance») et la reconnaissance au levain de la capacité d'exprimer «des choses».



Étapes du processus de panification et observations de la pâte.

> La relation du boulanger à son levain est marquée par la possibilité de l'instauration d'un échange : il s'agit pour lui d'écouter et de décoder ce que son levain lui dit.
> Cette représentation du levain se traduit dans les pratiques : elle requiert du boulanger une capacité à s'adapter à son levain, afin de parvenir à le maîtriser. Ce qui n'est pas toujours chose facile pour les boulangers, notamment au début de leur pratique professionnelle (levain qui déborde, décrit comme « incontrôlable », levain inopérant décrit comme « fainéant »).
> Ce sont les compétences professionnelles qui permettent au boulanger de maîtriser cet ingrédient. L'entretien du levain est appréhendé comme un « élevage », il faut donc savoir décrypter les différents états du levain à travers une multiplicité de signes, de caractéristiques (odeur, goût, aspect) pour en tirer le meilleur.

Le ressenti, n'est pas une illusion ou une image, il est l'expression de la perception d'une différence ou d'un événement qui s'est produit même si son intensité est faible et complexe à définir. Il demande à être objectivé ; le boulanger doit mettre des mots derrière des observations. Ces mots, s'ils sont bien définis, permettront de dialoguer avec des personnes de culture professionnelle différente et de rentrer dans un processus d'acquisition réciproque de connaissances. Le besoin d'expliquer et de justifier ses pratiques est une attente qui donne du sens à sa démarche. Cette recherche de la connaissance est aussi un rempart aux idées toutes faites et aux risques d'établir des théories et explications fausses.
Ce glossaire se veut être un outil de communication entre les différents types de savoirs : le savoir profane, le savoir-faire et le savoir scientifique, dont les définitions ont été précisées par Roussel *et al.* (2006) :

— un savoir profane est une connaissance traditionnelle (les causes attribuées aux effets ne sont garanties ni par un savoir scientifique ni par un savoir-faire) ;

— un savoir-faire (ou savoir métier) est une connaissance expérimentale (on sait quelle cause conduit à quels effets sans pour autant pouvoir expliquer les mécanismes qui induisent les effets) ;

— un savoir scientifique est une connaissance globale (la cause, ses effets et les mécanismes les induisant sont connus).

Les mots et leurs définitions partagées et comprises par un groupe de personnes deviennent indispensables dans l'expérimentation. C'est un moyen pour valider ses hypothèses et donner une cohérence à une prise de décision. Dans cette logique, une démarche a déjà été réalisée par des paysans et des artisans de l'association Triptolème, membre du Réseau semences paysannes, dans la mise en commun des descripteurs de

caractérisation des pâtes et des pains qui a conduit à produire un glossaire terminologique et des feuilles d'expérimentation comprises et utilisées par les boulangers.
Dans ce contexte, il est aussi difficile pour le chercheur de comprendre toutes les subtilités et les réalités de cette diversité de la panification au levain et de cibler des questions de recherche. Le projet de recherche « BAKERY » a été l'occasion de confronter deux mondes ; la volonté de communiquer et de se comprendre a donc animé la réflexion sur les outils et les moyens pour y arriver. Ce glossaire a comme ambition de donner des définitions concises et vulgarisées de la terminologie utilisée dans « BAKERY ». Plus généralement il se veut être une aide pour discuter et réfléchir sur les pratiques boulangères au levain, pour appréhender les liens entre les observations des boulangers et les approches scientifiques.

Glossaire

Pour faciliter la compréhension et permettre une lecture globale, des renvois entre les définitions sont assurés par les mots mis en caractères gras.

Acides organiques

Acides formés par des organismes vivants. Les acides se caractérisent par la présence d'au moins une fonction COOH dans leur formule chimique. La **dissociation**, en milieu hydraté, du groupement acide (COOH) en COO^- et H^+ contribue à augmenter la concentration en ions H^+ dans le milieu et à diminuer la valeur du **pH** (potentiel hydrogène) du milieu (plus la concentration en ions H^+ est élevée plus le pH du milieu est bas : relation inversement proportionnelle). Cette capacité de dissociation est variable selon les acides et traduit la force d'un acide. Les acides organiques sont considérés comme des acides faibles, c'est-à-dire qu'ils se dissocient plus difficilement qu'un acide fort comme l'acide chlorhydrique ou sulfurique. Ils font donc moins diminuer le pH. Dans les **levains**, on retrouve en proportions variables (**quotient fermentaire**) l'acide lactique et l'acide acétique produits principalement par les **bactéries lactiques** du levain. L'acide lactique est un acide plus fort que l'acide acétique, il se dissocie donc plus que ce dernier. Par ailleurs, chaque acide possède des caractéristiques sensorielles propres.

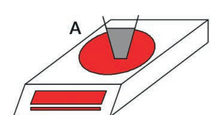
Acide phytique

L'acide phytique, forme de stockage du phosphore chez les végétaux, est présent dans les graines de **céréales**, notamment dans les enveloppes et le germe. Il peut se lier à certains composés minéraux (on parle de « chélation »). Ces composés, en se complexant avec l'acide phytique forment des sels, les phytates, non assimilables par l'organisme. Cela conduit à diminuer la biodisponibilité de ces minéraux (fer, magnésium, zinc, etc.). L'acide phytique peut néanmoins être **hydrolysé** par une phytase, présente dans le grain. La phytase du blé, **enzyme** thermorésistante (activité maximale 55 °C) dont l'activité

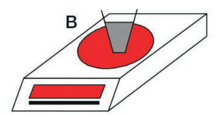
optimale à des pH acides (5,0), réduit l'effet de l'acide phytique des pains en le dégradant. Les levures et bactéries lactiques peuvent également avoir une activité phytase. Des durées de **fermentations** panaires longues et plus particulièrement la panification au **levain** contribuent à diminuer les teneurs en acide phytique.

Acidité

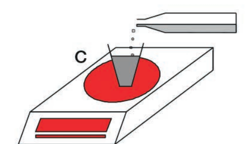
Mesure de la concentration en acides d'un milieu. Elle est à distinguer de la mesure du **pH**, qui lui représente un potentiel d'acidité.
La mesure de l'acidité titrable totale (ATT ou TTA en anglais) consiste à neutraliser l'acidité d'un échantillon par une solution basique (on parle alors de « titration »). Pratiquement, le produit (10 g de levain ou de pain, en solution dans de l'eau) va être amené à la neutralisation (pH neutre) par un volume de soude N/10 (dans le cas du levain et du pain au levain). Elle va donc refléter la concentration réelle en acides du produit, indépendamment des caractéristiques des acides et du milieu. Elle s'exprime en ml de soude N/10 pour 10 g de produit. C'est un peu l'équivalent du degré Dornic en laiterie. Elle est complémentaire de la mesure du pH.
La simple mesure du pH ne permet pas, quant à elle, d'avoir une lecture de l'acidité totale du levain ou du pain. La mesure du pH dépend, en effet, de la dissociation des acides organiques et de la



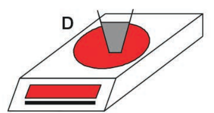
Peser 10 g de solution contenant 1 g de levain (solution = 10 g de levain bien dispersé dans 90 g d'eau)



Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine, retarer ensuite la balance à zéro



Ajouter goutte à goutte la soude, en agitant jusqu'à ce que le mélange devienne rose



La masse indiquée par la balance correspond à la quantité de soude ajoutée (acidité/g de produit = nombre de ml de soude N/10)

Mesure de l'acidité titrable totale (ATT ou TTA en anglais) adaptée à un environnement fournil (l'indicateur coloré « phénolphtaléine » et la soude N/10 peuvent se trouver en pharmacie).

présence dans le milieu de quantités variables de composés pouvant interagir avec les ions H^+ (notion de pouvoir tampon des protéines).

Le goût acide est une perception par les papilles gustatives de la langue des molécules d’acides dissoutes et dissociées par la salive. Les ions H^+ sont transportés dans les canaux ioniques et envoient des signaux au système nerveux.

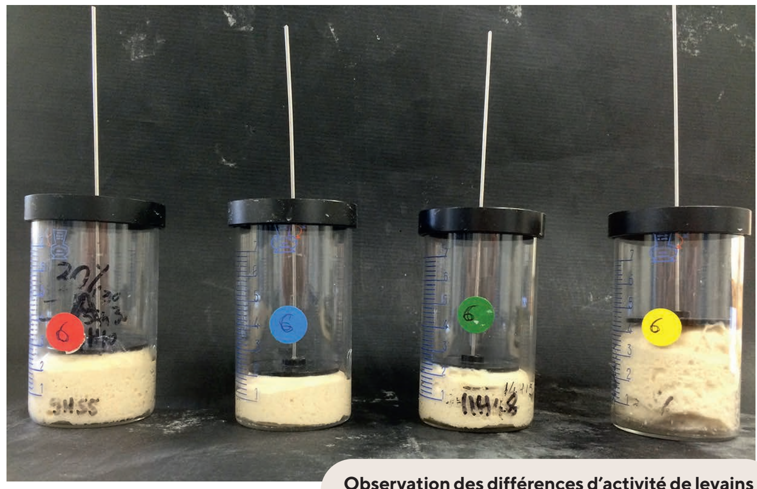
Activité

Le terme d’activité est associé à une action (activité de la **levure**) ou à une somme d’actions (**activités microbiennes**, **activités de fermentation**). Elle peut se mesurer soit par l’intensité au cours du temps de l’action (notion de puissance comme la prise de **force des pâtes**, la **pousse**), soit par une concentration obtenue (**acidité**, **dénombrement** de micro-organismes, etc.) ou par une vitesse de production de CO_2.

Activité d’un levain

Par l’observation

En France, l’**activité** du **levain** est principalement associée à la production gazeuse liée à l’**activité microbienne**. Lorsque le levain est « ferme et pâteux », par opposition à « liquide », elle s’apprécie par la vitesse et le niveau de **développement de la pâte**, avant qu’elle ne devienne poreuse ; ceci dans des conditions de **températures**, d’**hydratation** et de **consistance** constantes.

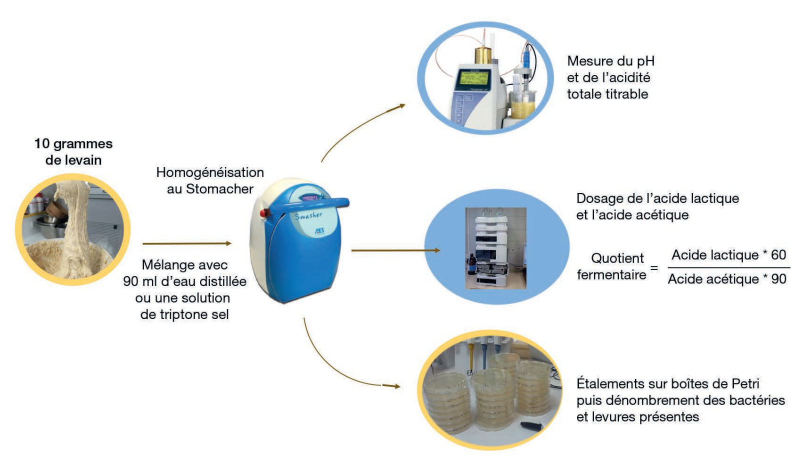


Observation des différences d’activité de levains au mesureur de pousse. Source : Projet BAKERY.

Lorsque le levain est liquide, l'activité s'apprécie par la quantité de bulles de gaz qui se forme sur la partie supérieure de la pâte.

Par la mesure

La mesure de la **pousse** est un indicateur pertinent de l'activité d'un levain mais non suffisant. En effet, celle-ci est aussi fonction de l'hydratation et de la capacité de la pâte à retenir le gaz. Dans une approche expérimentale, il est souhaitable, pour une évaluation plus objective de l'activité, de quantifier **l'activité microbienne,** soit par le dénombrement des **levures** et des **bactéries lactiques,** soit par des mesures de **pH** et d'**acidité titrable** et encore mieux de suivre les cinétiques d'activité au cours du temps du pH et de la production gazeuse.



Mesure de l'activité d'un levain. Source : Projet BAKERY.

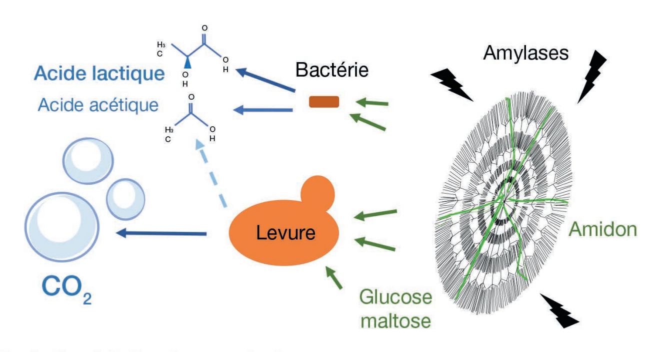
Activité de fermentation ou fermentative, fermentaire

Processus de transformation des substrats carbonés (**sucres** fermentescibles) par les micro-organismes qui produit de l'énergie. Cette activité conduit à la libération de composés de dégradation comme le gaz carbonique (nécessaire pour assurer la levée de la pâte), des alcools (dont l'éthanol), des acides (lactique, acétique, etc.) et des composés secondaires comme des composés volatils aromatiques.

L'activité fermentaire augmente avec :

– la quantité et la viabilité des micro-organismes ;
– la température, optimale vers 25-30 °C ;
– l'activité **amylasique** de la **farine** qui libère des substrats (maltose et glucose) fermentescibles ;

— la proportion **d'amidons « endommagés »** ;
— la présence de sucres préexistants de la farine ou ajoutés (dans les fabrications enrichies, on considère que l'activité augmente jusqu'à 5 % de **sucre** incorporé par rapport à la farine) ;
— l'**hydratation** des pâtes ;
— pour un **pH** optimal des levures de 4-5 et des bactéries de 5-6.
L'activité fermentaire diminue avec :
— la **pression** osmotique due à l'ajout de sel et de sucre ;
— un pH acide : fort ralentissement à pH < 4 ;
— la baisse de la **température** : ralentissement < 20 °C, arrêt < 4 °C ;
— une température au-delà de 46 °C.



Représentation schématique des actions de dégradation et de fermentation des sucres. D'après Roussel P., Chiron H., 2002.

Activité de l'eau

L'**eau** intervient dans de nombreuses transformations physico-chimiques (réactions enzymatiques, coloration, cristallisation, **cuisson**, dessiccation, viscosité), et biologiques (germination, activité et multiplication des bactéries, **levures** et moisissures, etc.).
Il ne suffit pas que l'**eau** soit présente dans le milieu, il faut que sa disponibilité soit effective.
On distingue, d'une part, l'eau chimiquement liée ou adsorbée sur certaines molécules dites « polaires » (**sucres**, **protéines**, etc.) et, d'autre part, l'eau non directement liée sur ces molécules. Cette eau libre est disponible pour des réactions physico-chimiques ou biologiques,

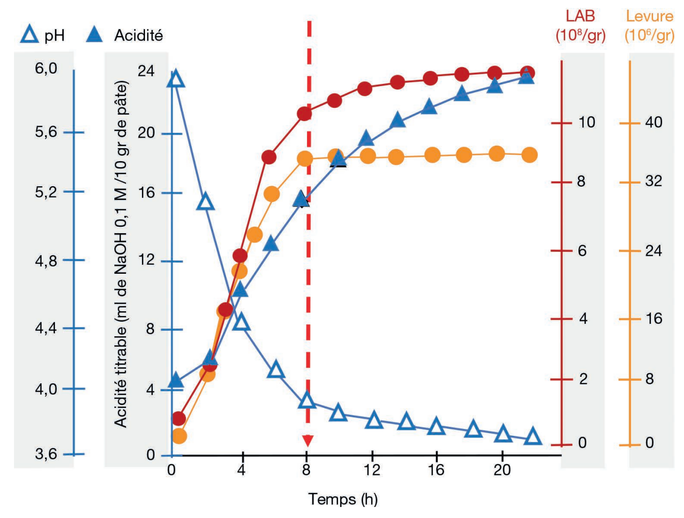
elle est donc « active ». L'eau fortement liée a en revanche une disponibilité limitée. Le ratio entre ces deux « états » de l'eau dans un produit est appelé « activité de l'eau » (a_w ou *activity water*). Cette activité s'exprime sur une échelle de 0 à 1. Plus l'a_w est élevée, proche de 1, plus la part d'eau disponible est importante. Cette notion d'a_w est différente de la notion de teneur en eau d'un produit.
Pour un produit donné, à une température donnée, à chaque teneur en eau, correspond une activité de l'eau.

Activité enzymatique

(voir **Enzymes**)

Activité microbienne d'un levain

Elle se définit à la fois par la multiplication et par les fonctions des microorganismes. Cela se traduit par une modification des caractéristiques du **levain** (acidification, gonflement, bulles, odeur, texture, etc.) qui peuvent être mesurées par le **pH**, la concentration en **acides organiques**, la **pousse**, etc. Cette activité dépend de facteurs microbiologiques comme la densité microbienne, les **espèces** ou **souches** microbiennes présentes et de paramètres technologiques tels la **température**, le **type de farine** et l'**hydratation**.



Exemple de biocinétiques (pH, acidité titrable, nombre de cellules de bactéries lactiques, nombre de cellules de levures) dans une pâte ensemencée avec un levain. D'après Rohrlich, 1959.

Albumen

Partie intérieure du **grain de blé**, riche en **amidon**, entourée par les enveloppes de la graine et du fruit.

Amidon

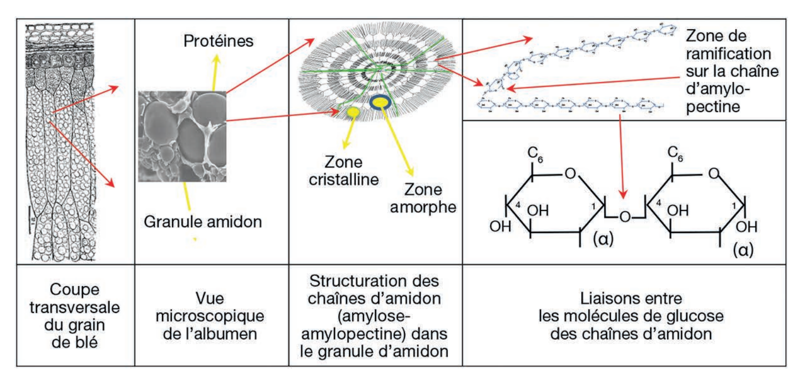
L'amidon est une forme de réserve de glucides pour les végétaux. Le glucose en est le constituant élémentaire ; il est généré par la photosynthèse.

Les nombreuses chaînes de molécules de glucose se structurent par des liaisons 1-4 (entre le carbone 4 d'une molécule de glucose et le carbone 1 d'une autre molécule). Une chaîne d'amidon peut être constituée de quelques centaines d'unités glucose.

La chaîne peut être linéaire (amylose) ou ramifiée (amylopectine). Dans le cas de la ramification, il se crée une liaison α-6.

L'amylose (100 à 300 unités glucose) et l'amylopectine (1 000 à 5 000 unités glucose) sont associées dans la graine, le tubercule ou le bulbe, sous forme d'un granule appelé « granule d'amidon » ou « grain d'amidon », dont les dimensions, suivant les végétaux, se situent entre quelques micromètres (µm) et cent micromètres (100 µm).

La juxtaposition des chaînes lui donne une structure cristallisée, rigide ; cette caractéristique ne permet pas à l'eau de rentrer, l'amidon n'est donc pas soluble à froid. La solubilisation ou dispersion ne peut se faire qu'à une certaine **température** par le processus de **gélatinisation.**



Représentation de l'amidon à différentes échelles.

Amidons endommagés

Granules d'**amidon** de l'**albumen**, modifiés physiquement par les opérations de mouture (coupés par les effets de cisaillement, écrasés et

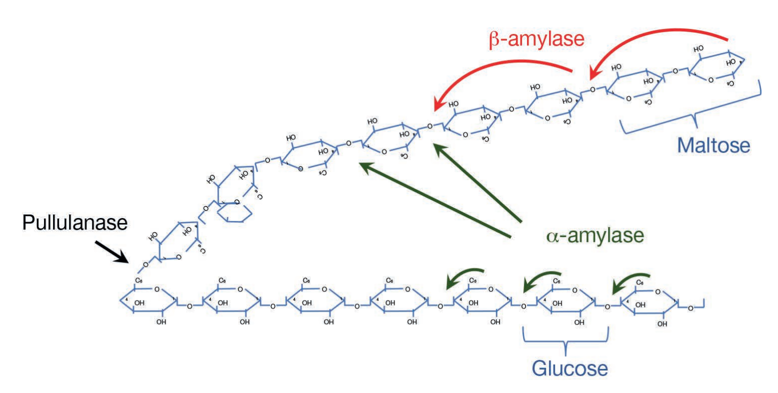
fissurés par les effets de compression). Cet endommagement physique facilite la pénétration et la fixation de l'eau dans le granule ; de ce fait, la consistance ou la fermeté augmente, le boulanger corrige cet état par un ajout d'eau. La proportion d'amidons endommagés augmente lorsque la **dureté** de l'**albumen** est plus élevée. L'endommagement de l'amidon facilite l'activité enzymatique des **amylases** qui conduit à la libération de **sucres** fermentescibles (glucose, maltose).
Le taux d'amidons endommagés peut être évalué par analyse chimique.

Amorphe

Se dit d'un état de la matière, condensé et désordonné, sous forme d'association de molécules de natures différentes ou identiques donnant des structures rigides vitreuses, déformables ou liquides. Lors du changement d'état de l'**amidon** pendant la **gélatinisation**, le passage d'un état cristallisé à un état amorphe va faciliter la fixation de l'eau et l'action des **amylases**.

Amylases, amylasique

Type d'**enzymes** dont le rôle est l'**hydrolyse** des chaînes d'amidon. Parmi les principales amylases, on distingue :
— les α-amylases dont l'action est considérée comme assez irrégulière dans les chaînes (endo-amylases) pour former des fractions de chaînes appelées « dextrines » ;
— les β-amylases dont l'action démarre des extrémités de chaînes (exo-amylases) et qui produit de manière méthodique une hydrolyse tous les deux glucoses ce qui conduit à libérer une molécule appelée « maltose ».



Représentation des actions des différentes amylases. D'après Roussel P., Chiron H., 2002.

L'activité amylasique peut être estimée par l'analyse du **temps de chute de Hagberg,** dont le principe est la mesure de la résistance de l'empois d'amidon pendant la gélatinisation. Elle varie selon les blés et augmente avec l'avancée du processus de germination.

Amylolyse

Processus de coupure des chaînes d'**amidon** par l'action des **amylases**. Il nécessite pour chaque réaction, l'utilisation d'une molécule d'**eau**.

Apprêt

Étape de la **fermentation panaire** pour les pâtons façonnés se situant entre le façonnage ou la **tourne** et la mise au four.
Synonyme : deuxième fermentation ou fermentation finale.



**Aspect des pâtons sur couche à la fin du temps d'apprêt.
Source : Expérimentation Le Pain Levain, 2020.**



**Apprêt en bannette.
Source : Rencontre Triptolème, 2020.**



Fin de l'apprêt, dépose de la pâte sur pelle avant la mise au four. Source : Projet BAKERY.

Artisan, artisanal

Un artisan est un chef d'entreprise indépendant qui assure, seul ou avec son conjoint, la responsabilité de l'entreprise. Qualifié dans son métier, il est le dépositaire de nombreux savoir-faire transmis essentiellement par le biais de l'apprentissage. La qualité d'artisan, y compris celle d'**artisan boulanger**, est reconnue aux personnes physiques qui justifient soit d'un Certificat d'aptitudes professionnelles, soit d'un Brevet d'études professionnelles ou d'un titre homologué, soit d'une immatriculation dans le métier depuis six années au moins.

En France, l'artisan est inscrit au répertoire des métiers et exerce une activité manuelle professionnelle à titre principal ou secondaire, à son propre compte et n'employant pas plus de dix salariés. Il est souvent aidé de sa famille et d'apprentis qu'il forme.

La loi 96-603 du 5 juillet 1996 définit l'entreprise artisanale indépendamment de l'artisan qui, lui, est défini par le décret 98-247 du 2 avril 1998. Ainsi, l'entreprise artisanale n'emploie pas plus de dix salariés (mais il existe un « droit de suite » qui permet à une entreprise de rester artisanale en dépassant ce nombre) et couvre les activités de « production, de transformation, de réparation ou de prestation de service relevant de l'artisanat et figurant sur une liste ».

Artisan boulanger

Personne qui exerce le métier de **boulanger** dans le cadre d'une structure **artisanale** inscrite à la Chambre des métiers. Cette reconnaissance est attribuée à une personne qui justifie, par des diplômes, des compétences pour exercer ce métier. Le CAP (Certificat d'aptitude professionnelle) et le BP (Brevet professionnel) attestent de cette compétence, notamment dans un cadre conventionnel où la pratique de la fermentation se fait principalement avec la **levure de boulangerie**.

Il existe aussi des certifications spécifiques délivrées par des écoles professionnelles privées comme celle délivrées par l'École internationale de boulangerie pour la **panification** au **levain** de **farines** issues de l'agriculture biologique.

Nous avons qualifié les artisans participant au projet BAKERY d'« artisans boulangers "bio" au levain ».

ATP

Abréviation d'adénosine triphosphate, l'ATP est une molécule qui assure le stockage d'une énergie chimique potentielle au sein des cellules et qui permet d'assurer des activités biologiques comme les activités enzymatiques. Elle est produite principalement dans les phases de la **respiration** cellulaire.

Autolyse

Repos de la pâte intervenant en fin de **frasage** ou après quelques minutes de **pétrissage**. La durée est au minimum de dix minutes avant de reprendre l'opération de pétrissage. Ce repos facilite la formation de la structure **gluténique**, ce qui se traduit par une augmentation de l'**extensibilité** et du **lissage** de la pâte au cours du pétrissage. Lorsqu'on pratique cette méthode avec de la **levure de boulangerie**, cet ingrédient doit être incorporé après le temps d'autolyse. Si l'autolyse est trop longue, les **activités enzymatiques** d'**hydrolyse**, non perceptibles sur des temps courts, risquent de provoquer une déstructuration, la pâte devient moins extensible et plus collante.

Bactéries lactiques

Micro-organismes unicellulaires qui font partie des **espèces de bactéries** (règne des procaryotes, cellules sans noyau) et qui se caractérisent par la production d'acide lactique. Dans les **levains,** elles sont responsables, selon les **espèces**, de la fermentation dite **« homofermentaire »**

(acide lactique) ou «**hétérofermentaire**» (acide lactique + acide acétique + CO_2) et vont acidifier le **levain**. Elles sont en général présentes jusqu'à 1 milliard (10^9) pour 1 g de levain. De 10 à 100 fois plus nombreuses que les levures (eucaryotes, cellules avec noyau), leurs cellules sont aussi beaucoup plus petites (~ 10 à 50 fois plus petites). Les bactéries lactiques se développent en absence d'**oxygène**. Il existe de nombreux genres et espèces de bactéries lactiques, le principal étant le genre *Lactobacillus*. L'espèce majoritaire des **bactéries lactiques** du **levain** est *Lactobacillus sanfranciscensis*.

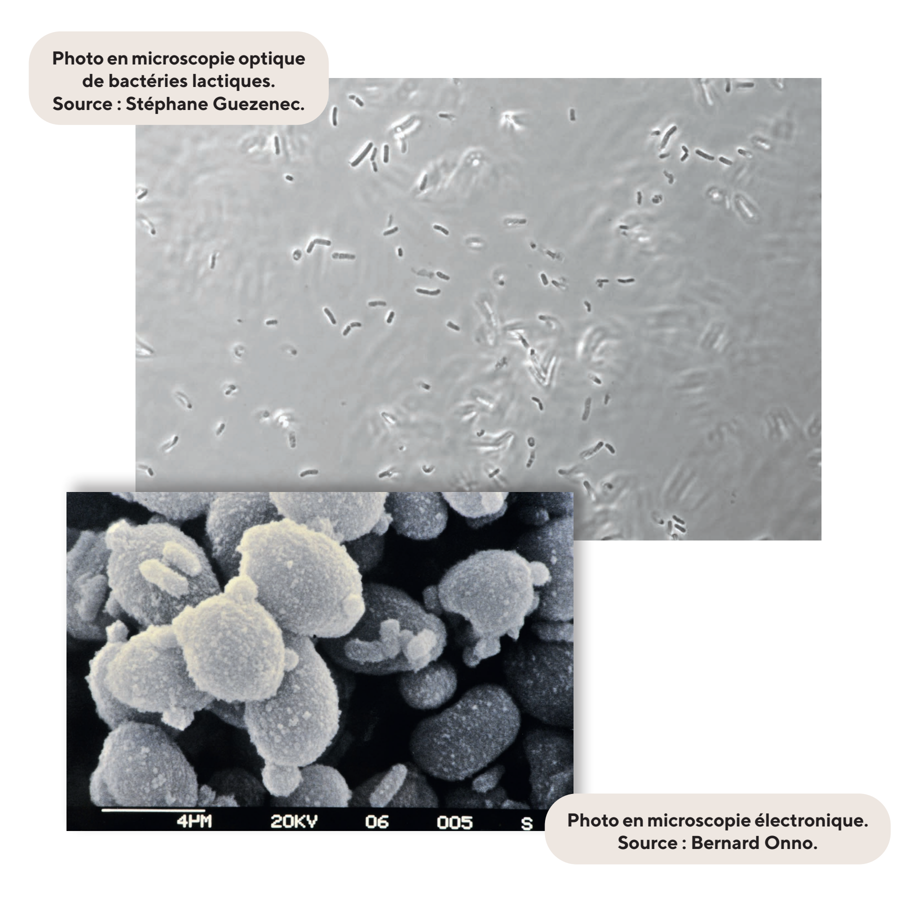


Photo en microscopie optique de bactéries lactiques. Source : Stéphane Guezenec.

Photo en microscopie électronique. Source : Bernard Onno.

Biodiversité

Terme qui désigne la diversité du monde vivant à trois niveaux :

– diversité génétique : elle est expliquée par la diversité des génomes des individus au sein d'une même **espèce**. Synonyme : **diversité intraspécifique** ;

– diversité des espèces : elle est expliquée par la diversité des espèces à l'échelle d'un **écosystème** comme le **levain**. Synonyme : **diversité interspécifique** ;

– diversité des écosystèmes : diversité d'un ensemble d'espèces ou de groupes fonctionnels d'espèces entre différents écosystèmes.

Blé (grain de)

Fruit sec, indéhiscent (les enveloppes du fruit ne s'ouvrent pas à maturité comme les gousses), à une seule graine (akènes). On distingue :

– les akènes, dont la graine n'adhère pas aux téguments secs du fruit, elle reste libre à l'intérieur de ces téguments (cas des polygonacées) ;

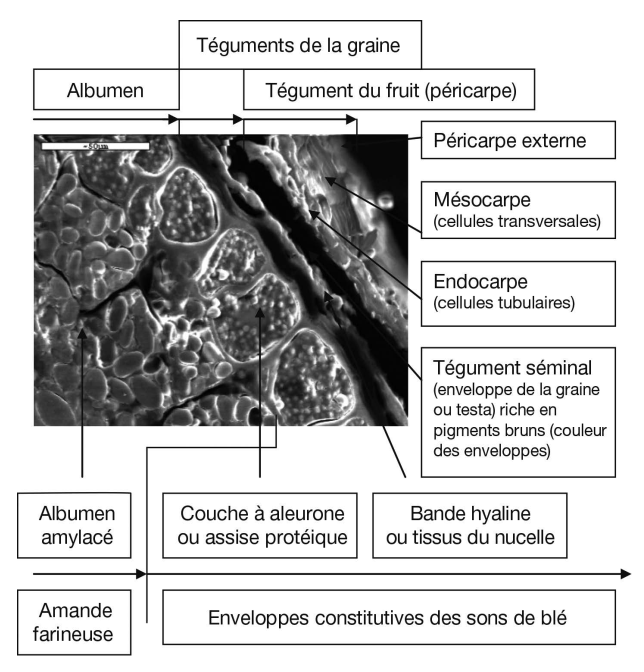
– les caryopses, akènes particuliers dont la graine proprement dite reste enfermée. Ses téguments sont adhérents ou soudés aux téguments du fruit, nommé « péricarpe ». L'ensemble, avec l'**albumen** amylacé et le germe, forme le grain (cas des graminées dont le blé). Cette force d'adhérence conduit à une difficulté de séparation des enveloppes (sons) et l'amande farineuse au cours de la **mouture.** En technologie, grains et graines ont souvent un sens général identique ; lorsque l'utilisation est pour la semence on parle préférentiellement de « graines ».



Épi de blé.
Source : Cécile Dubart.



Grains de blé.
Source : Rencontre Triptolème, 2020.



Caractéristiques histologiques des enveloppes du fruit et de la graine du blé.
Source : Philippe Roussel.

Boulage

Opération qui consiste à donner, sans serrage excessif, une forme de boule régulière, aux pâtons après la **division** et avant le **façonnage** de pâtons.
Le boulage est utilisé comme technique de **façonnage** de pâtons. Au cours de cette opération, la pâte est mise en rotation tout en subissant un serrage qui crée des tensions internes pour assurer la tenue du pâton dans la phase d'**apprêt.**



Mise en rotation du pâton entre les deux mains.
Source : Rencontre Triptolème, 2020.

Boulanger

Personne qui fabrique ou vend des produits de **boulangerie**; personne qui a les compétences et les capacités pour exercer le métier de boulanger soit comme **artisan boulanger** soit comme **paysan boulanger**.

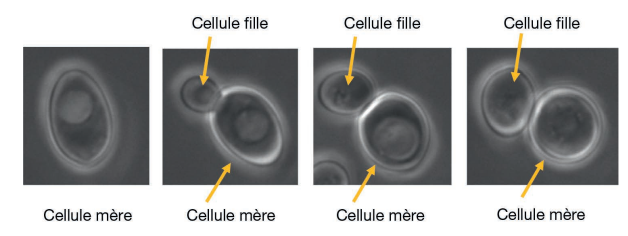
Boulangerie

Peut seul prétendre à l'appellation et avoir l'enseigne de boulangerie (décret du 12/12/1995) l'établissement tenu par un professionnel assurant lui-même, à partir de farines choisies, les différentes phases de fabrication de pains et assimilés (viennoiseries, pâtisseries boulangères, etc.) : **pétrissage**, **façonnage** de la pâte, **fermentation** et **cuisson** et la commercialisation sur le lieu de vente au consommateur final. Toutefois, cette dénomination peut également être utilisée lorsque le pain est vendu au consommateur final, de façon itinérante, par le

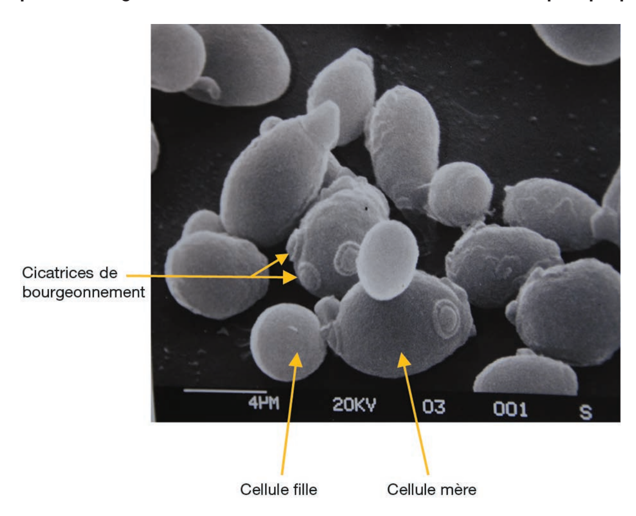
professionnel **boulanger** qui a assuré sur le même lieu les opérations de **panification**, de pétrissage, de fermentation, de façonnage et de cuisson. Cette définition ne précise pas le type de structure, celle-ci peut être industrielle, artisanale ou relever de la grande distribution. Historiquement, à la campagne, la boulangerie correspondait au lieu ou à l'atelier de fabrication et/ou de cuisson du pain, ce qui est encore le cas pour les « boulangeries de ferme ».

Bourgeonnement des levures

Une grande partie des **espèces** de levure se multiplie par bourgeonnement. Une cellule mère bourgeonne pour donner une cellule fille. Une cellule mère peut donner plusieurs cellules filles. Chaque bourgeonnement laisse une cicatrice sur la paroi de la cellule mère. On peut compter le nombre de filles qu'une mère a eues en comptant le nombre de cicatrices.



Étapes de bourgeonnement d'une levure, observées en microscopie optique.



Bourgeonnement d'une levure, observé en microscopie électronique.

Céréales

Le *Larousse agricole* (1981) définit les céréales comme des plantes cultivées dont les grains réduits en farine servent à l'alimentation humaine et animale.

Principales familles botaniques et espèces associées :

— les graminées ou poacées : blés (tendres, durs, petits et grands épeautres, khorasan), seigle, triticale, riz, orge, avoine, maïs, mil (gros millet ou sorgho, tef, petit mil ou millet perle) ;

— les polygonacées : sarrasin ou blé noir ;

— les chénopodiacées : quinoa (quechua).

Coagulation (protéines)

Phénomène de rigidification de la structure protéique par modification des liaisons entre **protéines** (déplacement de l'**eau**, **oxydation**, etc.), sous l'effet notamment de la chaleur.

Compétition

En écologie, on appelle « compétition » une forme d'interaction négative où deux **espèces** souffrent de la présence l'une de l'autre, en termes de taille de population. En général, c'est à cause d'une compétition pour les ressources nutritives (les deux **espèces** « mangent » la même chose) ou pour l'habitat (les deux espèces essayent d'occuper le même espace).

Consistance

Résistance de la pâte à la déformation. Elle s'apprécie principalement au cours du pétrissage. Si la pâte résiste à l'enfoncement des doigts dans la pâte, elle peut être qualifiée de « ferme, dure ou résistante ». Inversement, on la qualifie de « molle, peu résistante », si elle s'écoule facilement. Par extension, une pâte qui **relâche** ou qui s'écoule facilement et donc manque de **tenue** ou de stabilité, peut être qualifiée de « molle ».

L'évolution de cette consistance en cours de **pétrissage** peut être différente suivant les farines ; elle sera jugée à nouveau en fin de pétrissage. En effet, une consistance non conforme en fin de pétrissage n'est pas uniquement attribuable à une erreur d'**hydratation**.

Un ajustement, par incorporation d'eau, est éventuellement réalisé, si nécessaire.

Au cours de la cuisson, le changement d'état de l'amidon par l'empesage (**gélatinisation de l'amidon)** conduit, avec le phénomène de **coagulation des protéines** du **gluten**, à une augmentation de la consistance entraînant ainsi la rigidification de la mie.

Avec la baisse de la température du pain après cuisson, l'augmentation de la résistance à la déformation de la mie est associée à une augmentation de consistance. Elle a notamment pour origine le phénomène de **gélification de l'amidon**.
Synonyme : fermeté.



Appréciation manuelle de la consistance en fin de pétrissage.
Source : Rencontre Triptolème, 2020.

Consistance d'un levain

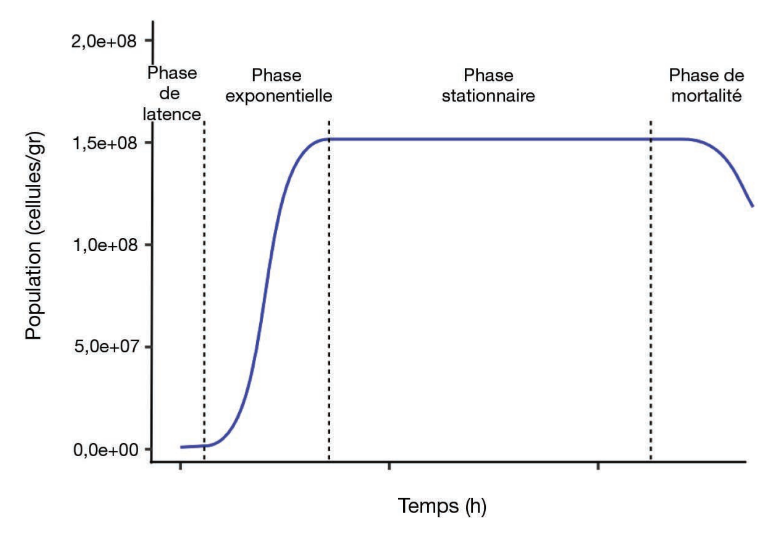
Par convention, on définit la consistance au moment de la préparation ou du **pétrissage** du **levain**. L'échelle de consistance peut-être dure/ferme/molle ou pâteuse/crémeuse/liquide pour une **hydratation** de la farine du levain de 45 %/60 %/80 %/100 %/200 %. La consistance de départ n'est pas celle observée après fermentation, celle-ci diminue en fonction du degré d'**hydrolyse** des constituants.

Cristallisé

État d'association condensé ordonné entre des molécules de même nature sous forme d'une structure rigide (ex : la structure du sucre ou de la matière grasse cristallisée). Cette structure peut-être désorganisée (état **amorphe)**, sous l'effet de l'agitation moléculaire provoquée par une augmentation de la **température**.

Croissance microbienne ou croissance cellulaire

Développement par **multiplication** des micro-organismes. En général, se rapporte à la croissance de la population de cellules microbiennes. La dynamique de croissance microbienne comporte plusieurs phases : une phase de latence plus ou moins longue (adaptation au milieu et aux conditions environnementales), une phase exponentielle plus ou moins rapide (selon les conditions du milieu), une phase stationnaire (arrêt de la multiplication dû à des facteurs limitants : pH, disponibilité de nutriments, etc.) et éventuellement une phase de déclin (diminution du nombre des cellules par lyse cellulaire). Chaque phase peut être caractérisée par une variable : temps de latence, vitesse de croissance ou taux de croissance, nombre final de cellules de micro-organismes (appelé « capacité biotique »). Cette croissance s'accompagne de la production de métabolites (acides, alcools, gaz, etc.) en quantité variable selon les micro-organismes et les conditions du milieu. Dans certains cas, on parle aussi de croissance cellulaire pour caractériser l'accroissement de la taille de la cellule microbienne. En boulangerie, il s'agit plutôt de la croissance de la population de cellules.



Dynamique de l'accroissement d'une population microbienne, ou dynamique d'une population.

Croûte

Partie extérieure du pain qui se caractérise par une teneur en **eau** faible après **cuisson** qui la rend peu déformable et donc propre à la rupture. Sa structure plus ou moins alvéolée lui confère des caractéristiques croustillantes et craquantes.



Réactions de coloration sur la croûte du pain. Source : Projet BAKERY.



La microstructure de la croûte, peu expansée, est à l'image de celle de la mie. Source : Projet BAKERY.

Cuisson

La cuisson résulte d'un échange de chaleur entre l'atmosphère du four et le produit à cuire. Elle se caractérise par une expansion et des transformations physico-chimiques de la pâte sous l'action de la chaleur (énergie calorifique ou thermique). Cela se traduit successivement par :

— l'accélération des phénomènes biologiques fermentaires ou enzymatiques lors de la montée en température en début de cuisson ;

— le développement de la pâte (expansion des gaz et de la vapeur d'eau) ;

— la stabilisation de la structure (**gélatinisation de l'amidon** et **coagulation des protéines** du **gluten**) ;

— l'évaporation ;

— la coloration (réactions de Maillard et de caramélisation).



Pains en fin de cuisson dans un four à bois. Source : Projet BAKERY.

Déformation de la pâte

Modification de la forme de la pâte ou des pâtons provoquée par l'intervention manuelle (**façonnage**, observation des caractéristiques d'**extensibilité** et d'**élasticité**, etc.), par les opérations mécaniques (**pétrissage**, etc.), par les transformations biochimiques (**fermentation**, etc.) et physiques (agitation moléculaire avec la baisse et l'augmentation de température, etc.). Les sollicitations mécaniques imposées, compression (façonnage, etc.), cisaillement (pétrissage, façonnage, etc.) ou extension conduisent, en fonction de la vitesse de déformation, à des comportements différents à la rupture. Par exemple, une

pâte de seigle peut avoir une bonne aptitude à la déformation en compression mais très limitée en extension (étirement) ; dans ce cas, on peut dire qu'en extension la pâte est non ou peu **extensible**.

Dénombrement

(voir **Numération**)

Détente

Étape de repos des pâtons entre le pesage (**division** de la pâte) et le **façonnage**, ou entre le pesage et le **boulage** ou pâtonnage, si ceux-ci sont pratiqués, et le façonnage. Cette phase de repos permet la diminution des contraintes internes, créées lors de ces opérations ; elle va favoriser l'allongement de la pâte pendant le façonnage. On parle aussi de « relaxation » pour qualifier toute phase de repos de la pâte entre les opérations de mise en forme des pâtons.

Développement de la pâte

Augmentation de surface ou de volume d'une pâte, sous l'action de la fermentation. Les facteurs qui influencent le développement d'une pâte sont la production gazeuse, la capacité de rétention gazeuse et l'aptitude à la déformation de la pâte.
Synonyme : **pousse**, levée.

Dissociation chimique ou ionique

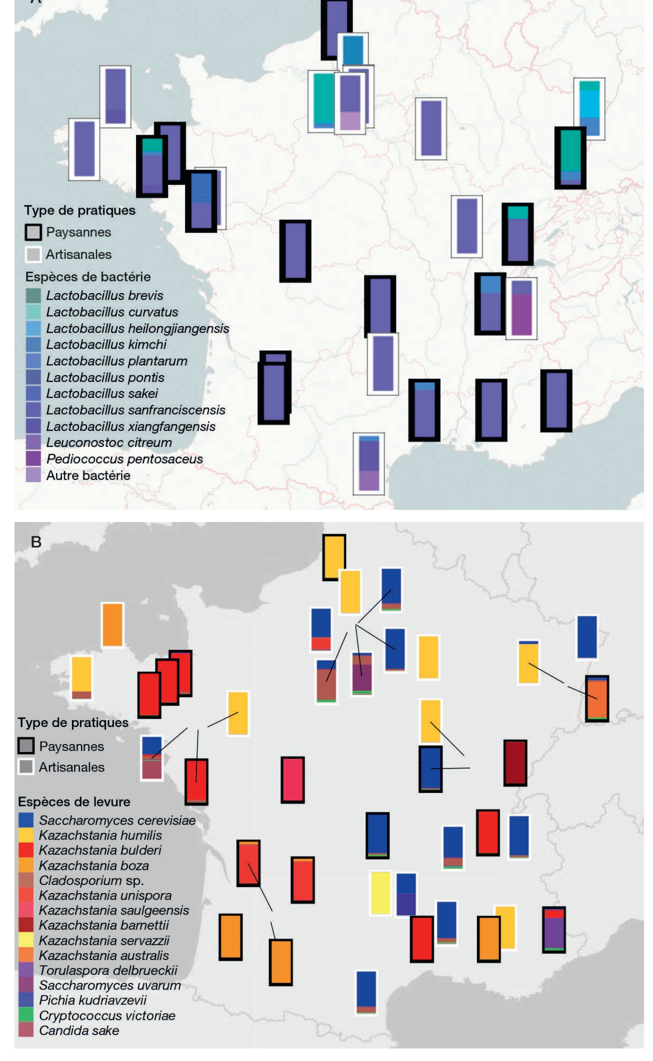
En chimie, séparation d'éléments d'une molécule qui affecte notamment les sels, les acides et les bases en solution dans l'eau mais aussi les molécules qui peuvent recevoir ou perdre des éléments tels H^+. Ces éléments séparés sont appelés « ions » qui se chargent électriquement et deviennent soit des ions positifs (cations) soit des ions négatifs (anions) en fonction de la nature des atomes. La dissociation est une réaction réversible. Par exemple : le sel de cuisine ou chlorure de potassium NaCl se dissocie dans l'eau en ions Na^+ et Cl^{α}. Attention à ne pas confondre dissociation et dissolution, le sel de cuisine, formé de cristaux de NaCl, va perdre dans l'eau sa structure cristalline et se dissoudre ; les molécules de NaCl, après cette étape, peuvent se dissocier. Si l'on diminue la concentration en eau, les molécules vont se reformer et recristalliser.

Diversité interspécifique

Diversité des **espèces** au sein d'un environnement. Elle se mesure en prenant en compte le nombre d'espèces, leur fréquence et la distance génétique entre espèces (leur relation phylogénétique).

Diversité intraspécifique ou diversité génétique

Diversité génétique des **souches**, des **génotypes** appartenant à une même espèce. Elle se mesure en prenant en compte le nombre de génotypes différents, leur fréquence et leur distance génétique.



Diversité des espèces de bactérie lactique (A) et de levure (B) dans les levains français. Source : Projet BAKERY.

Division cellulaire

(voir **Multiplication cellulaire**)

Division ou divisage

Opération intervenant dans le procédé de panification après le **pointage** et qui consiste à diviser la pâte en plusieurs pâtons, dont la masse est fonction des types de pains fabriqués. Le pesage correspond plus à l'opération manuelle de pesée des pâtons sur une balance. La division volumétrique est basée sur la division de volumes de pâte, la masse étant déterminée à partir de la masse volumique de la pâte.



**Division de la pâte en fin de pointage.
Source : Rencontre Triptolème, 2020.**



**Pesage après division de la pâte.
Source : Projet BAKERY.**

Dureté du blé

Résistance de l'**albumen** du grain de blé aux sollicitations mécaniques (compression, cisaillement) lors de la **mouture sur meules ou sur cylindres**. Lorsque la dureté augmente, le taux d'**amidons endommagés** augmente. Les **variétés de blés anciens** présentent en général un caractère moins dur ou *soft* (*medium soft*, *soft* ou *very soft*) que les variétés modernes qualifiées de « *hard* » (*medium hard, hard* ou *very hard*).

Dynamique d'un levain

Cette terminologie peut correspondre à plusieurs notions :

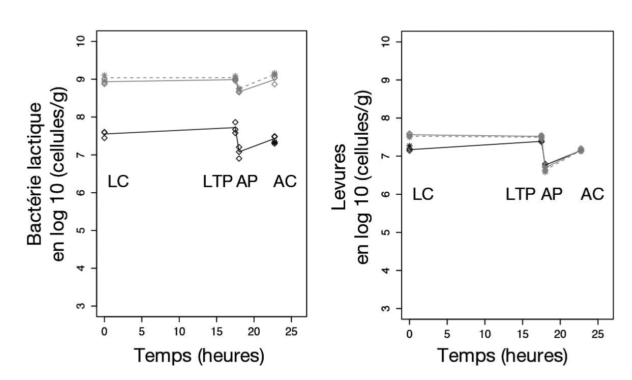
– au cours d'un **rafraîchi**, la dynamique d'un **levain** est associée à la croissance microbienne ou **multiplication cellulaire** des micro-organismes. Cette croissance va se traduire par une cinétique ou une évolution au cours du temps de la population de cellules, du pH, de l'acidité totale, etc., reflet de l'activité microbienne d'un levain ;

– au cours de la vie d'un levain et des différents rafraîchis, la dynamique d'un levain peut évoquer l'évolution au cours des rafraîchis des populations (genres, espèces) constituant le **microbiote** du levain ;

– d'un point de vue technologique, la dynamique d'un levain peut qualifier la réactivité (**temps de latence** court) du levain, sa capacité à se développer (**multiplication cellulaire** et production CO_2).

Dynamique d'une population

Évolution de la taille ou densité (en nombre) d'une population au cours du temps. Dans les **levains**, la densité d'une population de **levures** ou de **bactéries** est mesurée en nombre de cellules/g de pâte.



Évolution du nombre de cellules de bactéries lactiques et levures au cours de deux panifications. D'après Lhomme *et al.*, 2016. Source : Projet BAKERY.
LC : Levain chef ; LTP : levain tout point ; AP : pâte après pétri ; AC : pâte avant cuisson. La dynamique des populations est montrée au cours de deux panifications (en gris foncé et gris clair) réalisées à dix mois d'intervalle.

Eau

L’eau utilisée par les boulangers doit être naturellement potable c’est-à-dire propre à la consommation humaine. Elle peut provenir de sources sans être traitée ou de bassins ou de fleuves. L’adjonction de chlore préserve l’eau des infections microbiennes. Ce qui n’est pas sans influence possible sur les activités fermentaires, notamment dans le démarrage des levains, et sur l’augmentation de la résistance du gluten par **oxydation** de celui-ci.

Écosystème

Système formé par un environnement (le biotope) et par l’ensemble des organismes vivants (la biocénose) occupant cet environnement.

Élasticité, élastique

Elle peut se définir comme la capacité d’un corps à reprendre totalement ou partiellement sa forme après une déformation donnée (extension, compression) et l’arrêt de cette **déformation**. L’intensité de la **résistance** pour une déformation donnée permet ce retour total ou partiel à l’état initial.

Enzymes

Une enzyme est une molécule **protéique**, de structure généralement globulaire et capable de catalyser **ou de produire** une réaction biochimique. Le nombre d’enzymes existantes dans la nature est très élevé. Chacune d’entre elles réalise un ou plusieurs type(s) de réaction sans être consommée dans la réaction, elles peuvent donc agir en permanence si les conditions favorables sont réunies.

Parmi les classes d’enzymes, deux interviennent principalement dans la technologie boulangère :

– les hydrolases (**amylases**, lipases, protéases, hémicellulases, pentosanases, etc.), qui permettent la coupure des chaînes ou de grosses molécules d’**amidon**, lipides, **protéines**, hémicelluloses, etc. ; chaque réaction d’**hydrolyse** consomme une molécule d’eau ;

– les oxydo-réductases (lipoxygénases, peroxydases, glucose-oxydase, etc.), qui catalysent les réactions d’oxydo-réduction (oxydation et/ou réduction) entre composés en transférant les ions H^+ et des électrons, modifiant ainsi leurs propriétés.

Facteurs influençant l’activité enzymatique :

– la concentration en enzymes du milieu ;
– la quantité de substrat sur lequel agit l’enzyme ;

– la quantité d'éléments entrant dans la réaction (oxygène pour les réactions d'oxydation, eau pour l'hydrolyse, minéraux, etc.) ;
– l'acidité ou le pH du milieu : la modification des liaisons ioniques change la structure de la protéine, ce qui influe sur son potentiel d'action. Ainsi les protéases ont un optimum d'activité en général à pH = 5 ;
– la température : son élévation favorise **l'activité enzymatique** jusqu'au point de début de dénaturation ou de coagulation de la protéine. Sa sensibilité à la dénaturation thermique baisse lorsque la teneur en eau du milieu diminue ;
– l'activité de l'eau : l'enzyme est plus active à forte a_w (eau disponible) à cause d'un meilleur contact enzyme-substrat, d'une meilleure mobilité ; ceci est encore plus vrai lorsque les enzymes sont hydrosolubles. Certaines enzymes comme les lipases ou les lipoxygénases, de nature hydrophobe sont plus actives lorsque l'**activité de l'eau** diminue ; ces deux enzymes sont présentes dans les **farines** et contribuent à des modifications qualitatives associées au temps de **plancher** ;
– la force ionique (voir **Dissociation ionique**) **:** en **panification**, elle est influencée par la présence de **sel** dont la dissociation ionique modifie l'équilibre ionique de l'enzyme et donc sa structure. Généralement, lorsque la force ionique augmente (pouvoir oxydant et réducteur),- l'**activité enzymatique** diminue ;
– le potentiel d'oxydo-réduction : la structure tertiaire protéique de l'enzyme est aussi fonction des liaisons disulfures formées par **oxydation**. La modification du potentiel d'oxydo-réduction modifie l'équilibre des liaisons et donc les possibilités d'action de l'enzyme.

Espèce

Chez les micro-organismes, une espèce est un ensemble d'individus liés par des liens de parenté proches : ils ont donc un **génome** (ADN) et des caractéristiques morphologiques et physiologiques très similaires. Chez les **bactéries,** il n'y a pas de reproduction sexuée. Chez les **levures**, cela dépend des **espèces**. Quand il y a de la reproduction sexuée, les individus d'une même espèce sont capables de se reproduire entre eux et de donner des descendants eux-mêmes fertiles.

Espèces de bactéries lactiques

Il existe plusieurs **genres** de bactéries lactiques parmi lesquels : *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, etc. À l'intérieur de ces genres, on distingue différentes espèces. Les différentes **espèces** de **bactéries lactiques** sont caractérisées par leur

type métabolique **homofermentaire**, **hétérofermentaire** obligatoire ou hétérofermentaire facultatif (capacité à adopter les deux types métaboliques selon les substrats). Le principal genre des bactéries lactiques des levains est *Lactobacillus*. Au sein de ce genre, les principales espèces sont hétérofermentaires obligatoires (*L. sanfranciscensis*, *L. brevis*, etc.), ou hétérofermentaires facultatives (*L. plantarum*, etc.) ou homofermentaires, (*L. sakei*, etc.) (tableau 1).

L'identification des bactéries fait appel à des méthodes de biologie moléculaire (séquençage de région de l'ADN) qui ont permis, depuis les années 2000, l'identification de nouvelles **espèces**. Il existe une **diversité intraspécifique**, c'est-à-dire que les caractéristiques peuvent varier d'une souche à l'autre au sein d'une même espèce.

Tableau 1. Espèces et pourcentage de bactéries lactiques isolées de différents levains français. *L. : Lactobacillus ; Ln : Leuconostoc ; P. : Pediococcus.*
Source : Résultats projet BAKERY.

Levain	Bactéries lactiques hétérofermentaires	Bactéries lactiques hétéofermentaires facultatives	Bactéries lactiques homofermentaires
1	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
2	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
3	*L. sanfranciscensis* (91 %)	*L. plantarum* (9 %)	
4	*L. sanfranciscensis* (46 %)		*L. sakei* (54 %)
5	*L. sanfranciscensis* (30 %), *L. hammessii* (30 %)	*L. pentosus* (6 %), *L. kimchii* (34 %)	
6	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
7	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
8	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
9	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
10	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
11	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
12	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
13	*L. sanfranciscensis* (78 %)	*L. curvatus* (22 %)	
14	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
15	*L. sanfranciscensis* (86 %)	*L. plantarum* (14 %)	
16		*L. plantarum* (10 %) *L. curvatus* (90 %)	

Levain	Bactéries lactiques hétérofermentaires	Bactéries lactiques hétéofermentaires facultatives	Bactéries lactiques homo-fermentaires
17	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
18	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
19	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
20	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
21	*L. sanfranciscensis* (54 %), *L. xiangfangensis* (15 %), *L. brevis* (23 %)	*L. plantarum* (8 %),	
22	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
23	*L. heilongjiangensis* (37,5 %), *L. koreensis* (25 %), *L. curvatus* (12,5 %)	*L. plantarum* (25 %)	
24	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
25	*L. brevis* (69 %), *L. plantarum* (15 %), *L. sanfranciscensis* (8 %), *L. paralimentarius* (8 %)	*L. plantarum* (25 %)	
26	*L. sanfranciscensis* (75 %)	*L. plantarum* (25 %)	
27	*L. sanfranciscensis* (100 %)		
28	*L. sanfranciscensis* (40 %), *L. pontis* (33 %), *L. diolivorans* (13 %), *L. parabuchneri* (7 %)	*L. paracasei* (7 %)	
29	*L. plantarum* (9 %), *L. xiangfangensis* (55 %), *Ln. citreum* (36 %)		
30	*P. pentosaceus* (55 %), *Weisella confusa* (27 %), *L. sanfranciscensis* (18 %)	*L. paracasei* (7 %)	

Espèces de blé

Les principales espèces sont les suivantes :

– diploïde soit 1 x 7 paires de chromosomes : *Triticum monococum L.* (engrain appelé aussi « petit épeautre ») ;

– tétraploïde soit 2 x 7 paires de chromosomes : *Triticum turgidum L.* (poulard), *Triticum dicoccum* (amidonnier), *Triticum durum* (blé dur), *Triticum turanicum* (Blé de Khorasan ou Kamut) ;

— hexaploïde soit 3 x 7 paires de chromosomes : *Triticum aestivum L.* (blé tendre), *Triticum spelta* (épeautre ou grand épeautre).

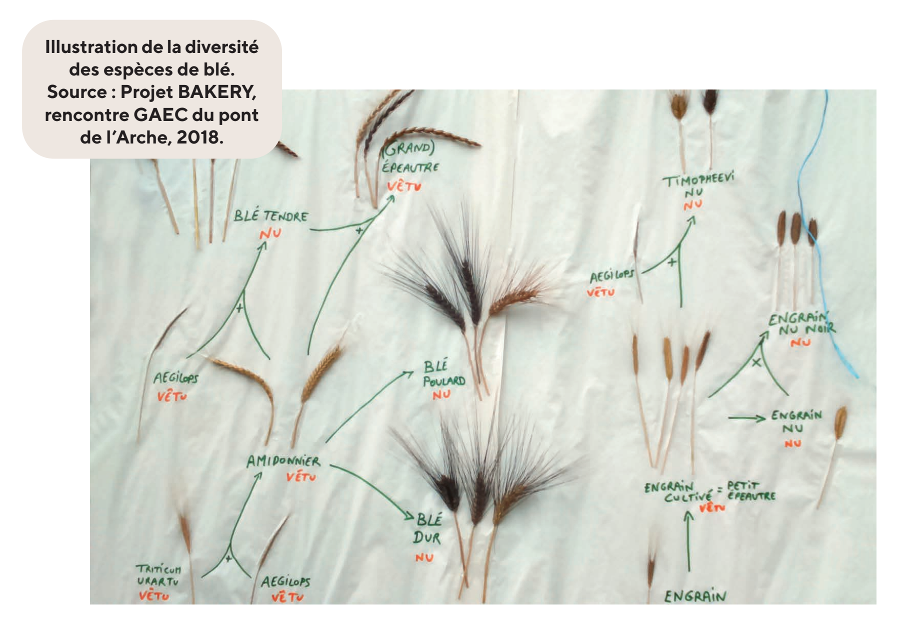
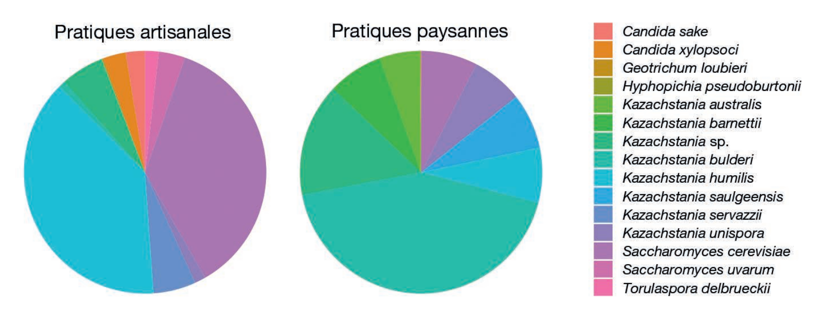


Illustration de la diversité des espèces de blé. Source : Projet BAKERY, rencontre GAEC du pont de l'Arche, 2018.

Espèces de levure

Trente espèces de **levure** ont été isolées de **levains**, et ce chiffre augmente régulièrement. Elles appartiennent principalement aux genres *Saccharomyces*, *Kazachstania*, *Wickerhamomyces*, *Pichia*, *Torulaspora*. Toutes les espèces isolées sauf deux (appartenant au genre *Rhodotorula*) sont capables de fermenter le glucose et de le transformer en dioxyde de carbone. Ces espèces sont parfois aussi capables de fermenter d'autres glucides comme le maltose, le saccharose et le galactose. Pour chaque espèce de levure, une **souche**, dite « souche type », représente l'espèce de levure ; cette dénomination est acceptée par tous les scientifiques du monde. Cette souche sert de référence. Les souches que nous avons isolées de levains peuvent avoir d'autres capacités à consommer les glucides que les souches type. Les deux espèces de *Rhodotorula* qui ne fermentent pas, sont très éloignées des autres espèces de levure génétiquement. Elles forment des colonies pigmentées orange/rouge que l'on voit parfois sur les toiles des bannetons.



Espèces et pourcentage de levures isolées de différents levains français provenant de boulangers aux pratiques artisanales ou paysannes. Source : Résultats projet BAKERY.

Étapes de fermentation

En boulangerie, on distingue fermentation et étapes de fermentation. La fermentation est un processus microbien qui démarre dès le pétrissage lorsque les micro-organismes sont en activité et se poursuit jusqu'à la cuisson. Le processus de panification nécessite d'effectuer un travail sur la pâte à certains moments, même si la fermentation continue. Cette alternance entre un travail actif sur la pâte et des phases non actives déterminent des périodes où le travail de la pâte se fait essentiellement par la fermentation, on parle alors d'« étapes de fermentation ». Elles ont un rôle technologique important dans la conduite du travail.

Tableau 2. Rôles des étapes de fermentation.

Préparation du levain tout point	**Première fermentation après pétrissage : « pointage »**	**Deuxième fermentation après façonnage : « apprêt »**
Augmentation : — de la quantité de levain pour les besoins de la fabrication du pain — de l'activité des micro-organismes	Augmentation : — de la **prise de force** — du développement du réseau de **gluten** — de l'activation des micro-organismes	Augmentation : — du volume des pâtons avant enfournement, ce qui assure la production favorable au **développement du pain**
Augmentation : — des composés aromatiques et de l'acidité. La durée influence le **quotient fermentaire**	Augmentation : — des composés aromatiques, notamment du fait de la fermentation en masse	Augmentation : — des composés aromatiques . La durée influence le **quotient fermentaire**
Durée de fermentation déterminée en fonction de l'activité du levain et de l'état d'**hydrolyse** ou de la porosité de la pâte	Déformation irrégulière de la structure alvéolaire formée au **pétrissage**	Déformation irrégulière de la structure alvéolaire formée au pétrissage si la fermentation est longue

Extensibilité, extensible

Il s'agit de l'appréciation des capacités d'allongement ou de **déformation de la pâte,** généralement jusqu'à un stade de rupture. Cette aptitude à la déformation ou extensibilité est corrélée avec les propriétés visqueuses (**consistance** ou fermeté) et **élastiques** de la pâte. Elle dépend aussi du type de sollicitation (étirement, compression, cisaillement) que l'on effectue et de la vitesse de cette déformation.

L'extensibilité se mesure le plus souvent par étirement continu (mouvement rectiligne, uniforme et vertical) de la pâte jusqu'à sa rupture (extension dans un seul axe de déformation appelée « extension uniaxiale »). Malgré des difficultés de jugement dues en particulier au type de **pétrissage** (mécanique, manuel, etc.), on peut considérer que le caractère normal est défini pour une rupture correspondant à un étirement de 20 à 30 cm pour du pain français. Pour des longueurs d'étirement inférieures à 20 cm, le défaut est noté « insuffisant ». Inversement, il est noté en « excès » pour des longueurs supérieures à 30 cm. La quantité de pâte étirée et la vitesse d'étirement peuvent modifier le jugement. Il est nécessaire de standardiser cette opération, en soulevant une quantité de pâte sensiblement constante avec le bout des doigts. L'appréciation de l'extensibilité peut être complétée par l'appréciation du niveau d'épaisseur et de la régularité d'un film de pâte (extension sur plusieurs axes, appelée « extension biaxiale »).



Appréciation de l'extensibilité par étirement de la pâte (extension uniaxiale). Source : Rencontre Triptolème, 2020.



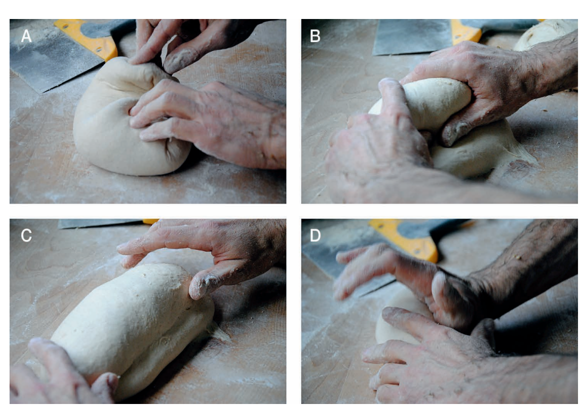
Appréciation de l'extensibilité par la formation d'un film (extension biaxiale). Source : Rencontre Triptolème, 2020.

Facilitation (interaction entre espèces)

C'est une forme d'interaction positive où une espèce facilite, par sa présence, la vie d'une autre **espèce** :
– soit parce que la première modifie l'environnement physico-chimique d'une façon qui est favorable à la seconde ;
– soit par la libération de nutriments dans l'environnement comme c'est souvent le cas entre micro-organismes.
Un arbre qui permet grâce à son ombre à une autre espèce de vivre à son pied est aussi une forme de facilitation.

Façonnage

Terme utilisé pour décrire la mise en forme (formage) des pâtons. Il comprend une succession d'opérations de **déformation de la pâte** (compression, pliage, étirement, allongement) pour donner la forme définitive au pâton ; il contribue à assurer sa stabilité dans l'étape de l'**apprêt.**



Différentes phases de façonnage sous forme de pâton allongé (A : pliages au centre ; B : partage du pâton ; C : pliage en deux ; D : soudure). Source : Expérimentation Le Pain Levain, 2020.

Farine céréalière

Produit fin ou grossier, avec des particules généralement inférieures à 300 µm, provenant de la mouture des grains de blé et d'autres céréales. Certaines farines sont classées réglementairement par «**types**», définis sur la base de teneurs en cendres (blé et seigle) en lien avec leurs **rendements** (taux d'extraction) par rapport au grain entier avant mouture.

Farine de blé

La farine de blé proposée à la consommation humaine est classée en **types de farines** correspondant à des taux d'extraction en mouture plus élevés du type 45 à 150. Leurs compositions nutritionnelles sont donc variables en fonction de la proportion d'enveloppes du grain présente.

Tableau 3. Composition d'une farine de blé (% sur matière sèche) selon le Type (T).

Composants	T55	T65	T80	T110	T150
Amidon	84	81	80	78	73
Glucides simples (glucose, maltose, etc.)	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0	1,5-2,0
Fibres	2,7-3,5	3,7-4,5	4,7-5,5	6-7	10-12
Protides	9-13	9-13	9,5-13,5	10-14	10-14
Lipides	1-1,5	1-1,5	1,5-2,0	1,9-2,2	2,0-2,5
Minéraux (cendres)	0,55-0,6	0,62-0,75	0,75-0,90	1,00-1,20	> 1,4

Ferment

Littéralement, ce qui provoque une fermentation. Un ferment est ajouté intentionnellement pour réaliser la fermentation. Il peut s'agir d'une préparation commerciale à partir de souches sélectionnées (ex : levure de boulangerie), d'un levain actif préparé localement composé d'une flore qui s'est développée «naturellement». Le terme de **«starter»** est aussi employé pour désigner une préparation commerciale stabilisée contenant des micro-organismes permettant de démarrer un levain. Les levains secs commerciaux sont surtout des ingrédients aromatiques, qui peuvent présenter également une activité fermentaire liée à l'ajout de levure après séchage.

Fermentation alcoolique

Transformation de sucres (principalement glucose, mais aussi maltose, etc.) en gaz carbonique et en éthanol, par les **levures** :

$C_6H_{12}O_6$	+	2 ADP	+	2 P_i	→	2 CO_2	+	2 C_2H_5OH	+	2 ATP
Glucose		Adénosine diphosphate		Phosphate		Gaz carbonique		Éthanol		Adénosine triphosphate - Énergie-

D'autres **métabolites** sont formés au cours de la fermentation en quantité plus faible : glycérol, acide acétique, composés volatils.

Fermentation lactique

Les bactéries dites « lactiques » sont dénommées ainsi en raison de la production d'acide lactique au cours de leur multiplication. Les **bactéries lactiques** sont anaérobies ou anaérobies facultatives. À partir de substrats carbonés (hexoses : glucose, maltose, etc., ou pentoses : xylose, etc.), les bactéries lactiques produisent, soit essentiellement de l'acide lactique par la voie **homofermentaire**, soit un mélange d'acide lactique (CH_2CHOH-$COOH$), d'acide acétique (CH_3COOH) – ou d'éthanol – et de dioxyde de carbone (CO_2) par la voie **hétérofermentaire**.

Fermentation naturelle

Expression utilisée dans l'article 4 du décret Pain français de 1993 pour désigner une **fermentation panaire** dont les micro-organismes sont issus de la fermentation d'une pâte formée de farines, d'eau et éventuellement de sel, avant une incorporation éventuelle de 0,2 % de levure dans la **pétrissée**.

Les précisions du Bulletin d'information de la DGCCRF (1992), concernant l'utilisation du terme naturel, indiquent que celui-ci ne peut être appliqué qu'à un produit que l'on trouve dans la nature ou aussi proche que possible de son milieu d'origine, non traité et ne comportant que des constituants normaux sans additifs, ni résidus ou corps étrangers. Cette définition ne permettrait donc pas d'appeler « une fermentation du **levain** », initiée par des micro-organismes (**levures** et/ou **bactéries**) volontairement ajoutés, une « fermentation naturelle ».

Fermentation panaire

Mécanismes de **fermentation alcoolique** et **lactique** qui se produisent dans une pâte céréalière destinée à la fabrication du pain et qui conduisent à la levée de la pâte.

Fermeté

C'est l'état de **consistance** de la pâte.

En boulangerie conventionnelle, à titre indicatif, quelles que soient les capacités d'absorption d'eau de la farine, est considérée comme ferme,

une pâte **hydratée** avec une quantité d'eau entre 56 et 60 %, et raide pour des valeurs < à 56 %. De 60 à 64 %, on est dans un qualificatif qui n'est pas facile à traduire, à savoir, « pâte bâtarde ». Au-delà, on emploiera les qualificatifs « douces » de 64 à 68 % et « molles » pour des valeurs > 68 %. Si l'on veut aller plus loin, « très molles » et « liquides » (dans la zone 100 %).
Synonyme : viscosité.

Fibres

Les fibres des **céréales** sont composées de chaînes glucidiques de type cellulose, β-glucanes, pentosanes solubles et insolubles. La teneur en fibres dépend du type de la farine et aussi de sa nature (blé, seigle). Parmi ces fibres, les pentosanes ont une forte affinité avec l'eau et contribuent à environ 1/4 à 1/3 de l'eau d'**hydratation** de la pâte. Les fermentations au levain peuvent favoriser l'hydrolyse et la solubilisation partielle de ces fibres (cas du seigle notamment).

Force de la farine

Aptitude des farines à s'**hydrater**, puis des pâtes à se développer tout en retenant le gaz carbonique formé pendant la fermentation. On la mesure à l'alvéographe Chopin par l'indicateur W qualifié de force boulangère. Un blé est dit « de force » lorsque le W est élevé, souvent supérieur à 300 ; les blés meuniers actuels ont souvent des valeurs comprises entre 160 et 240 ; les **blés anciens** ont souvent des valeurs de W inférieures à 150.

Force de la pâte

Caractéristiques physiques d'une pâte à un moment donné de la panification. Cet état de la pâte est fonction de son **élasticité**, de sa **tenue** et de son **extensibilité**. Ces caractéristiques physiques sont souvent dépendantes de la **force fermentative** (pousse, rapidité de la levée, **activité de la fermentation**).







Différentes étapes de préparation et de la déformation de la pâte à l'alvéographe Chopin.
Source : Roussel P., Chiron H., 2002.

Force fermentative ou fermentaire

Elle est le résultat de l'activité et de la **croissance microbienne**. Elle se traduit par une cinétique de **fermentation** qui peut être caractérisée par une vitesse et une concentration en **métabolites** (acides, CO_2), et mesurée par le **pH**, l'acidité et la pousse qui vont caractériser la « force fermentaire ».

Force (manque de)

Excès d'**extensibilité**, manque de **résistance élastique** et de **tenue** de la pâte. La conséquence associée est une moins bonne stabilisation de l'**eau** par le réseau qui apporte une humidité de surface souvent qualifiée de « **suintement** » et quelquefois de « pâte verte ».

Force (prise de)

Évolution des caractéristiques physiques de la pâte au cours de la **panification** se manifestant par une perte de souplesse et d'**extensibilité**, et par une augmentation d'**élasticité** et de **tenue** (phénomène d'**oxydation** du gluten). Le boulanger apprécie, généralement, la prise de force de la pâte au cours du pointage ; elle se traduit par un passage d'un état aplati, relâché, au début de cette étape, vers un état arrondi de sa partie supérieure en fin de pointage, synonyme d'une meilleure stabilité. Dans les diagrammes de **fermentation** au **levain** ou avec de faibles doses de levure, la prise de force semble associée avec l'**activité fermentative** de la pâte. L'hypothèse avancée est que les réactions d'**oxydation** assurant l'augmentation de la résistance **élastique** du **gluten** ne peuvent se produire que si la pâte est en mouvement. La mise en mouvement est directement liée à la **force fermentative** ; une pâte (biscuitière ou pâtissière) sans levure ne prend pas de force. Cette association du manque de **pousse** et de force a donné des qualificatifs comme « creux » ou « pâte maigre ».



Observation de l'aspect arrondi (prise de force) et du développement (activité de fermentation) des pâtes en fin de pointage. Source : Projet BAKERY.

Force (trop de)

Excès d'**élasticité** et de **tenue** au détriment de la souplesse et de l'**extensibilité**. Le boulanger emploie aussi l'expression « trop de corps », « coriace ». La conséquence associée est une meilleure stabilisation de l'eau dans le réseau qui rend la pâte sensible au dessèchement, ou « croûtage ».

Fournée

Quantité de pains fabriqués par **pétrissée** ou par unité de **cuisson**.

Frasage

Phase de mélange des ingrédients avant la structuration de la pâte au cours du **pétrissage**. Elle s'effectue en vitesse lente à la main ou au pétrin, dont l'objectif principal est le passage de l'état pulvérulent de la **farine** à un état pâteux. L'eau diffuse entre les particules de farine, et les associe. La diffusion de l'eau dans les particules dissocie les granules d'amidon et fait gonfler les agrégats protéiques qui se lient pour former le gluten. L'air s'échappe progressivement, mêmes si des inclusions d'air restent piégées dans la pâte.

Pendant cette opération, le boulanger détermine la **consistance** de sa pâte et effectue si nécessaire les corrections par ajout d'**eau** (bassinage) ou de farine (contre-frasage).

Les qualificatifs « barbotter » (pétrir une pâte avec beaucoup trop d'eau) et « bloquer » (fraser une pâte avec trop de farine par rapport à l'eau) sont quelquefois utilisés pour désigner une erreur d'**hydratation**.



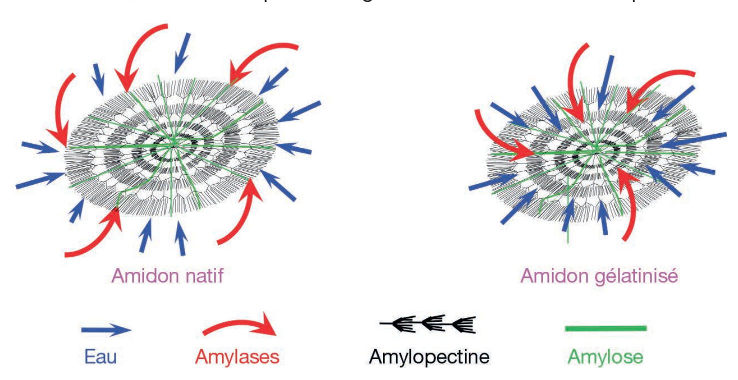
État de la pâte en cours de frasage manuel. Source : Rencontre Triptolème, 2020.



Début de frasage au pétrin mécanique.
Source : Projet BAKERY.

Gélatinisation de l'amidon

Modification du grain d'**amidon** de l'état **cristallisé** vers un état amorphe sous l'effet de la **température** (entre 60 °C et 85 °C pour l'amidon de blé) en milieu hydraté.
L'eau diffuse dans le granule, celui-ci gonfle, des liaisons entre chaînes se forment, le milieu s'épaissit : il gélatinise et forme un empois.



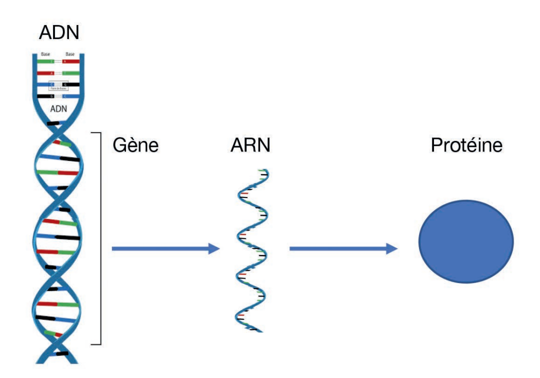
Modification de l'état du granule d'amidon en début de gélatinisation.
Source : Roussel P., Chiron H., 2002.

Gélification de l'amidon

Après **gélatinisation**, lors du refroidissement d'une pâte de farine céréalière, les chaînes d'amidon dispersées deviennent moins agitées, la viscosité augmente. Le milieu prend la forme d'un gel dont la résistance dépend de l'activité amylasique de la farine.

Gène

Région déterminée de la séquence d'ADN qui code pour une protéine. Les **protéines** sont les «artisans» de la cellule. Elles transforment une molécule en une autre, ou sont impliquées dans le transport d'une molécule d'un endroit à l'autre.



Région du génome (ADN) qui est transcrite en ARN puis traduite en protéine.

Génétique

Science qui étudie l'hérédité des caractères et des **gènes**, et qui s'intéresse donc à la transmission au cours des générations.

Génome

Ensemble de l'information génétique d'une cellule.

Génomique

Méthode d'analyse des **génomes**.

Genre

Les **espèces** sont regroupées en genres. Les espèces qui appartiennent au même genre sont plus proches génétiquement que celles qui appartiennent à des genres différents. Le genre est donné par le premier nom d'une espèce. Par exemple, l'espèce de levure *Saccharomyces cerevisiae* est du genre *Saccharomyces*. L'**espèce de blé** tendre, *Triticum aestivum*, est du genre *Triticum*.

Génotype et phénotype

Le génotype est l'ensemble ou une partie de l'information génétique d'un individu. Toutes les cellules d'un même individu ont en général le

même génotype. Le phénotype correspond à l'expression du génotype. Le phénotype est défini par les caractéristiques que l'on observe ou que l'on mesure, comme la taille d'une cellule, la vitesse de production de CO_2 ou d'acides, la capacité à produire tel ou tel composé.

Gluten

Le terme « gluten » tient son origine du latin « *glutinum* » qui signifie lien, ou colle et, seules les protéines du blé (gliadines et gluténines) ont cette propriété de s'associer ou de se coller ensemble fortement en présence d'**eau**. Le gluten n'existe pas en tant que tel dans la farine, il se forme en présence d'eau dans la pâte. Le gluten du blé assure ainsi la formation d'une structure continue protéique qui est capable de retenir des gaz de **fermentation** permettant la levée de la pâte dans la fabrication du pain. Cette propriété donne au blé le qualificatif de « panifiable ».

Le gluten de blé est une association complexe, élastique et variable de **protéines** de hauts poids moléculaires en milieu hydraté, formée par :

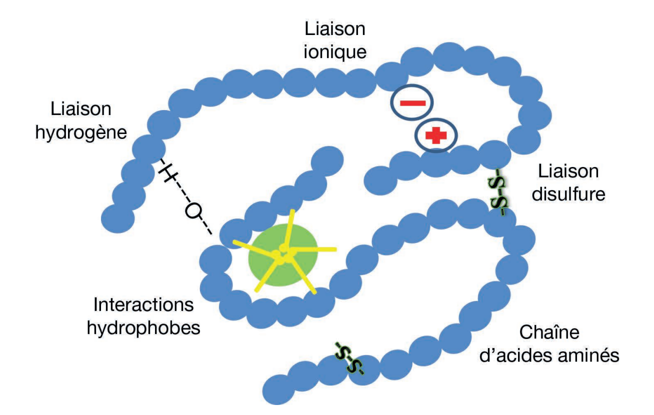
— des liaisons polaires ou hydrophiles (avec l'eau) ;

— des interactions hydrophobes (avec les matières grasses) ;

— des liaisons **ioniques**, certains atomes étant chargés électriquement + et – (liaisons avec les éléments chargés comme le **sel** ou les acides) ;

— des liaisons d'**oxydation** entre molécules de cystéine (liaisons à forte énergie).

La diversité des types de protéines et des liaisons entre ces protéines contribuent à donner des caractéristiques qualitatives différentes aux pâtes boulangères. Le gluten perd son aptitude à la déformation au moment de la **coagulation** thermique en cours de **cuisson**.



Représentation schématique des types de liaisons des protéines.

Le terme « gluten » est historiquement spécifique au blé tendre et au blé dur mais pour l'intolérance digestive (maladie cœliaque), on inclut dans les céréales contenant du gluten d'autres espèces comme le seigle, l'épeautre, l'avoine, l'orge, le triticale, même si, pour le technologue, ces protéines ne permettent pas ou peu une agrégation et une extraction en milieu hydraté.




Extraction manuelle du gluten de la pâte de farine de blé.
Source : Roussel P., Chiron H., 2002.

Gluten humide

Masse (en grammes) **élastique,** insoluble dans l'**eau,** obtenue après lixiviation, sous un filet d'eau d'une pâte de **farine de blé**. La quantité de gluten humide s'exprime en pourcentage par rapport à la farine utilisée pour la réalisation de la pâte. Attention, cela ne veut pas dire que le **gluten** représente ce pourcentage calculé dans cette farine, cela signifie que les **protéines** de la farine sont capables de former une proportion de gluten après **hydratation**. Il est possible de sécher le gluten et ainsi d'exprimer une proportion réelle par rapport à la farine. La teneur en gluten humide et en gluten sec est corrélée avec la qualité boulangère de la farine. L'appareil « Glutomatic » qui permet de réaliser une extraction du gluten humide sur des farines blanches, comprend un ensemble d'outils pour mesurer un niveau de résistance du gluten par la valeur du **Gluten Index**.

Gluten index

Mesure du niveau de résistance du gluten par passage forcé, en centrifugeant le gluten humide à travers un tamis. Lorsque le taux de passage est

important, l'index tend vers la valeur 0. Inversement, pour un passage impossible, l'index prend la valeur 100, il est lié à un fort niveau d'agrégation, signe d'une **résistance élastique** élevée. Avec les variétés anciennes de blé, le **gluten** est moins résistant, il est qualifié de « plus mou ».

Homofermentaire et hétérofermentaire

À partir de substrats carbonés (hexoses : glucose, maltose ou pentoses : xylose), les **bactéries lactiques** produisent soit essentiellement de l'acide lactique par la voie homofermentaire, soit un mélange d'acide lactique, d'acide acétique – ou d'éthanol – et de dioxyde de carbone (CO_2) par la voie hétérofermentaire.

Les différentes **espèces** de bactéries lactiques sont donc classées en homofermentaires, en hétérofermentaires obligatoires ou en hétérofermentaires facultatives (capacité à adopter les deux types métaboliques selon les substrats). Cette diversité métabolique impacte le **quotient fermentaire**. Les réactions bilans s'écrivent en se basant sur les molécules mises en œuvre. Pour le substrat carboné, il est d'usage de partir du glucose.

Bilan des réactions des voies homofermentaire et hétérofermentaire

Métabolisme homofermentaire :

Glucose ($C_6H_{12}O_6$) → 2 acide lactique ($CH_2CHOH\text{-}COOH$)

Métabolisme hétérofermentaire :

Glucose → 1 acide lactique + 1 CO_2 + 1 acide acétique (CH_3COOH) + éthanol (C_2H_5OH)

HPLC-SE

Méthode chromatographique de séparation par tamisage moléculaire de composés biochimiques appliquée aux **protéines**. Elle permet notamment l'étude des différentes fractions de protéines solubilisées, soit à des fins de caractérisation des blés, soit pour étudier le devenir de ces fractions lors de la **fermentation**.

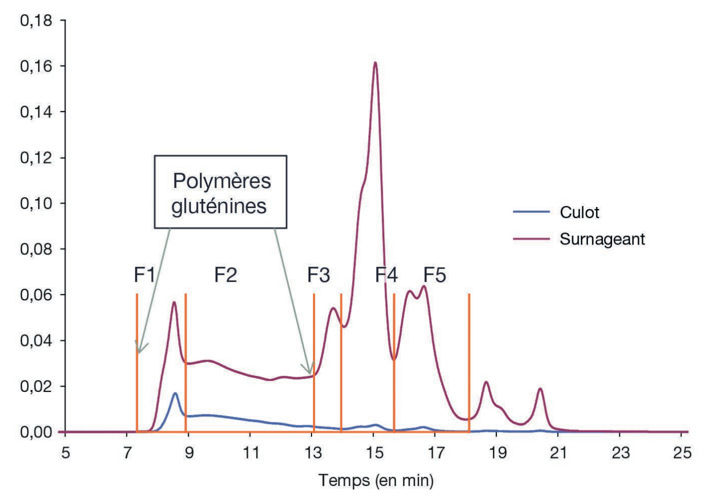
Cinq fractions protéiques sont identifiées :

— F1 et F2, agrégats protéiques de haut et faible poids moléculaire de type gluténines (glutélines) ;

— F3 et F4, gliadines (prolamines) de haut et bas poids moléculaire ;

— F5, plus petites, les albumines et les globulines.

L'allure de la courbe et l'analyse des proportions de ces différentes fractions apportent des éléments pour la différenciation de la valeur d'utilisation des variétés de blé.



Exemple de courbe de séparation des fractions protéiques solubilisées en HPLC.

Hydratation, hydrater

Incorporation de l'**eau** dans le pétrin avant ou sur la farine, au début du **pétrissage** à la période du **frasage**. L'eau d'hydratation est appelée aussi « eau de coulage », elle est déterminée en fonction de la **consistance** de la pâte recherchée par le boulanger. Elle permet la dissolution de sucres et leur transfert vers les micro-organismes, mais aussi la mobilité des constituants dont les enzymes.



Versement de l'eau d'hydratation sur la farine avant le frasage. Source : Cécile Dubart.

Hydratation (capacité)

Capacité d'absorption d'eau d'une farine pour une **consistance** souhaitée. Elle est fonction principalement du pourcentage de **protéines,** de **fibres** et de la fraction d'**amidons endommagés**.

Hydrolyse

Le résultat de l'action d'une **enzyme** de type hydrolase est, en utilisant les molécules d'eau, de scinder ou de couper (lyse), des chaînes complexes de glucides, protéines ou lipides. Par exemple, l'hydrolyse des liaisons ester dans des molécules comme l'**acide phytique** se fait par l'action de la phytase.

Interactions (microbiennes)

Le **levain** est le siège d'interactions entre les micro-organismes présents. Différentes formes d'interactions existent entre micro-organismes dans la nature, qui sont positives (symbiose, coopération, mutualisme) ou négatives (compétition, etc.). Dans le cas du levain naturel, il est commun de lire que des phénomènes de coopération existent entre les **levures** et les **bactéries lactiques,** expliquant, pour partie, la stabilité d'un levain dans le temps, à condition de maintenir les facteurs environnementaux relativement stables. Toutefois, ces dires ne semblent pas confirmés par des travaux de recherche plus récents qui montrent que la croissance des populations de levures peut être affectée par la présence des bactéries lactiques dans les levains.

Levain

Terme générique utilisé dans différents secteurs d'activité (panification, brasserie, produits laitiers fermentés, etc.) pour dénommer un milieu pré-fermenté servant à ensemencer une fabrication. Il s'agit d'un **écosystème** composé de micro-organismes en interaction avec le milieu. Il est aussi le siège d'**activités enzymatiques** endogènes et microbiennes contribuant à modifier la matrice.

En **panification**, c'est une pâte pré-fermentée pouvant être décrite comme un écosystème microbien céréalier complexe constitué de levures et de bactéries lactiques sur un milieu à base de farine et d'eau.

Le *Recueil des usages concernant les pains en France* (CNERNA, 1977) définit le levain comme une :

> pâte en fermentation à réaction acide, provenant au départ d'un mélange de farine et d'eau, sans apport volontaire de levures, et perpétuée à partir de ce mélange, une fois qu'il a subi une fermentation

spontanée, par des additions conduites de façon méthodique. Ces « **rafraîchissements** » successifs provoquent la multiplication et la sélection de la flore microbienne des levains.

La fréquence et la mise en œuvre (**température, hydratation**, etc.) des rafraîchis influent sur les caractéristiques microbiologiques du levain.
Dans les pratiques boulangères françaises, le démarrage du levain peut être initié avec la farine de blé, des farines céréalières, des sons ou remoulages. Du jus de fruits, des fruits, du miel, etc., peuvent être ajoutés en mélange ou non avec de l'eau. On recherche une fermentation levurienne pour assurer la levée des pâtes. En Allemagne, le levain est généralement élaboré avec une farine de seigle dans un objectif d'acidification pour la panification du seigle. En Italie, le célèbre panettone est fabriqué avec un levain dont les micro-organismes sont actifs en milieu sucré.
Synonymes : *sourdough* (Grande Bretagne, États-Unis), *Sauerteig* (Allemagne), *masa madre* (Espagne, Italie), pâte mère ou mère (Québec, Afrique de l'Ouest).
Dans la littérature européenne, les levains sont classés par rapport à leur mode de production :
– type I : correspond aux levains traditionnels entretenus par rafraîchis successifs ;
– type II : levain en général issu d'une fermentation unique avec utilisation de starters ;
– type III : levain déshydraté obtenu par séchage d'un levain de type I ou II.

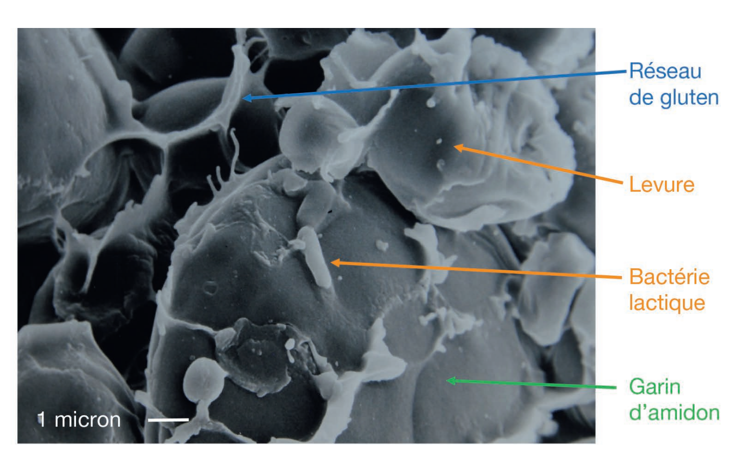


Photo d'un levain en microscopie électronique. Source : Bernard Onno.

Levain (caractérisation sensorielle de l'activité du levain)

Les caractéristiques organoleptiques d'un levain, notamment celles qui relèvent du goût et des arômes sont très diverses et difficiles à décrire (tableau 4). Chez les boulangers, les références aux caractéristiques liées à l'acidité sont les plus courantes (intensité acide, type acide).

Tableau 4. Qualificatifs donnés à un levain selon ses propriétés et caractéristiques sensorielles.

Levain aigre, sur ou tourné	Odeur piquante et désagréable, goût **acide** et amer
Levain doux	Levain dont le goût est peu acide, de fermentation plutôt alcoolique, pouvant s'approcher de fermentations en brasserie
Levain jeune	Peu acide
Levain passé	Plus que vieux, mais récupérable
Levain stabilisé	Levain dont l'activité a été équilibrée à un niveau d'activité considéré comme normal par le boulanger, odeur vineuse agréable
Levain vieux	Trop acide

Levain (caractérisation sensorielle de la pousse de la pâte)

Description de l'activité à partir des caractéristiques d'aspect et de forme de la pâte.

La force de pousse (Dewalque, 2018) s'apprécie par :

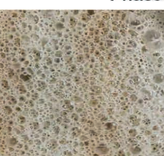
— sa forme concave (descendante), synonyme de manque ou de diminution de la force ;

— sa forme convexe (ascendante), synonyme de force ou d'augmentation de la force (le levain rondine, « le levain fait le téton »).



Force de la pousse ascendante et descendante.

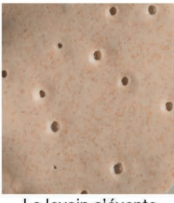
Phase ascendante


Le levain bulle
(levain liquide
en phase montante)


Le levain moutonne (levain
crémeux en phase montante)
et lorsqu'il est plus actif
« le levain bouillonne »

Phase descendante


Le levain sédimente
(levain liquide)


Le levain s'évente
(levain crémeux)


Le levain craque
(levain pâteux)


Le levain gerce
(levain pâteux)

Différents états du levain.

Levain chef

Portion de pâte issue du **levain** ou de la **pétrissée** précédente qui sert de base de départ à la préparation du «levain tout point» utilisé comme agent fermentaire dans la panification du jour. Ce chef est conservé, son activité est maintenue régulièrement par des **rafraîchis**.
Synonyme : chef, la mère en France ou *madre* en Espagne.

Levain de pâte

Fraction de pâte boulangère salée, pétrie et conservée pour être introduite dans une **pétrissée** ultérieure afin d'en assurer la fermentation.
NB : dans le langage courant de la boulangerie conventionnelle, il contient généralement de la **levure de boulangerie** ajoutée au stade du pétrissage de la pâte boulangère et ne peut donc être utilisé dans une panification au «levain naturel». L'activité de ce levain diminue lorsque les pétries se succèdent, la tentation d'ajouter un peu de levure pour maintenir son activité s'est faite très tôt et s'est généralisée au XXe siècle. On parle aussi de «vieille pâte» ou de «pâte de la veille».

Levain de première

Il résulte de la **fermentation** obtenue en incorporant des doses judicieuses de **farine** et d'**eau** au **levain chef** (tableau 7 p. 78).

Levain de seconde

Il résulte de la **fermentation** obtenue en incorporant des doses judicieuses de farine et d'eau au **levain de première** (tableau 7 p. 78).

Levain tout point

Levain préparé pour assurer la fermentation d'une **pétrissée**. Par une succession de **rafraîchis**, on augmente progressivement la quantité de levain à partir d'un **levain chef** tout en maintenant son activité microbienne.

Lorsque le levain tout point est obtenu :

— après un seul rafraîchi à partir du levain chef, on parle d'« un travail sur un levain ». Pratique adaptée pour une fournée journalière, que l'on rencontre chez les paysans-boulangers ;

— après deux rafraîchis à partir du levain chef, on parle d'« un travail sur deux levains » ; le rafraîchi intermédiaire est appelé **« levain de première »** (forme de travail qui s'est développée avec une fermentation levain/levure et au levain) ;

— après trois rafraîchis à partir du levain chef, on parle d'« un travail sur trois levains » ; les rafraîchis intermédiaires sont appelés « levain de première » et **« levain de seconde »**. Forme de travail souvent retenue pour un nombre de deux à trois fournées par jour.

Le travail sur deux ou trois levains donne un état de pâte moins **hydrolysé** que sur un levain chef.

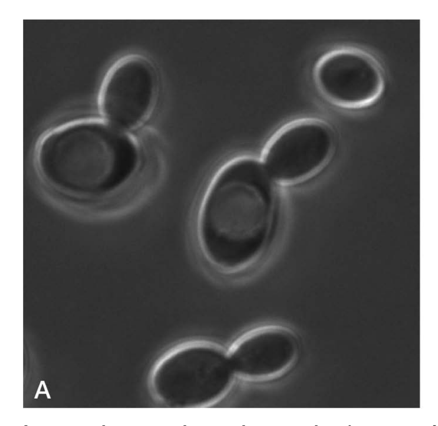
Levée

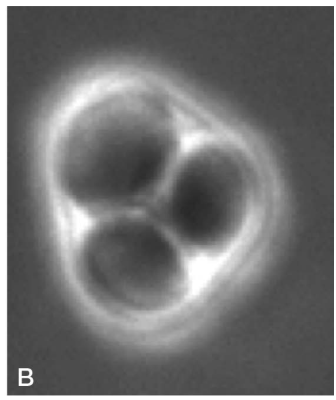
(voir **Pousse**)

Levures

Micro-organismes unicellulaires qui font partie des champignons. Il en existe de nombreuses **espèces**. Dans les levains, elles sont principalement responsables de la **fermentation** alcoolique qui transforme certains glucides (glucose, maltose, saccharose) en alcool tout en dégageant le CO_2, ce qui permet au levain puis à la pâte de lever ; elles produisent aussi divers composés aromatiques et un peu d'**acide** acétique mais pas d'acide lactique. Leur densité varie entre un et 100 millions (10^6 à 10^8) de cellules pour 1 g de levain. De 10 à 100 fois moins nombreuses que les bactéries, leurs cellules sont aussi plus grandes (de 2 à 10 microns). Les levures se développent en présence ou en absence d'oxygène. En présence d'oxygène, si la quantité de sucre est suffisante, les levures trouvées dans les levains fermentent.

On dit qu'elles sont «*Crabtree positive*». Il existe de nombreux genres de levure, les principaux genres trouvés dans les levains sont *Saccharomyces*, *Kazachstania*, *Wickerhamomyces* et *Pichia*.





Levures dans ses phases de reproduction asexuée et sexuée. A : levure dans sa phase de reproduction asexuée. Une cellule mère produit par bourgeonnement une cellule fille. B : levure dans sa phase de reproduction sexuée. Photo d'un asque contenant les ascospores issues du croisement entre deux parents. Source : Stephane Guezenec.

Levure de boulangerie

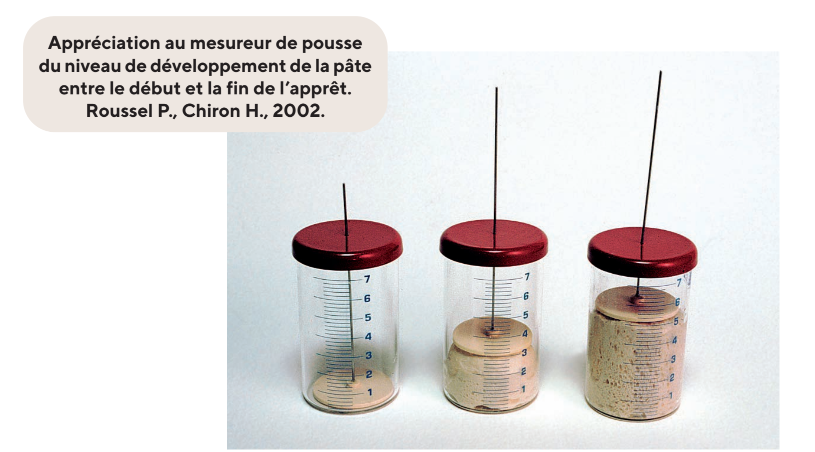
La **levure** de boulangerie correspond à l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* obtenue par multiplication en levurerie sur mélasse sucrière. Elle est utilisée dans les filières industrielles et artisanales comme ferment. Elle est aussi trouvée dans certains levains issus de **fermentation naturelle**. L'espèce *S. cerevisiae* est ubiquitaire. On la trouve dans des environnements naturels (sol, écorce d'arbre, lac, etc.) et dans des environnements domestiqués comme ceux associés aux produits fermentés (vin, sake, chocolat, bière, etc.). Son **métabolisme** est légèrement différent des **espèces** du genre *Kazachstania* qui sont souvent retrouvées dans les **levains** issus d'une **fermentation naturelle**. En boulangerie, elle est sélectionnée, notamment, sur le critère de production gazeuse.

Lissage

Évolution progressive de l'aspect homogène ou lisse de la pâte en cours de **pétrissage**. La visualisation du lissage de la pâte permet au boulanger d'apprécier le niveau de formation de la pâte ou du **gluten** et de décider éventuellement de réduire ou d'augmenter son temps de pétrissage.

Mesureur de pousse

Verre cylindrique gradué généralement en cm, recouvert dans sa partie supérieure; le diamètre de ce récipient est souvent déterminé de façon à obtenir une valeur de 20 cm^3 pour une hauteur de 1 cm. Il comprend un disque cylindrique sur lequel est soudée une tige souple, les deux éléments ayant une masse déterminée et qui doit être constante, si l'on utilise plusieurs mesureurs. La levée de la pâte ou la **pousse** déplace le disque qui permet de visualiser de manière plus précise le niveau de développement. Le **développement de la pâte** est fonction de la production gazeuse (**activité du levain** ou de la **levure de boulangerie**) mais aussi de la rétention gazeuse (**porosité** de la pâte) et de la **résistance élastique** de la pâte.



Appréciation au mesureur de pousse du niveau de développement de la pâte entre le début et la fin de l'apprêt. Roussel P., Chiron H., 2002.

Métabolisme

Ensemble des réactions chimiques dans une cellule ou un organisme vivant qui peuvent conduire soit à la production de nouveaux composants (métabolites), soit à la dégradation de composants.

Métagénomique ou génomique environnementale

Méthode d'analyse globale des génomes d'un échantillon de l'environnement. Cette méthode ne passe pas par la mise en culture et l'isolement de chaque organisme vivant. Il s'agit d'extraire l'ADN d'un échantillon de l'environnement, par exemple d'un levain, et de séquencer l'ensemble des brins d'ADN extrait. L'ADN de l'ensemble des **espèces** présentes dans l'échantillon est donc extrait et séquencé

ensemble. C'est une méthode dite « semi-quantitative » car elle ne permet pas de connaître précisément les proportions de chaque **espèce** mais donne une idée des espèces dominantes et des espèces moins fréquentes. Elle permet également d'avoir un aperçu de la diversité des gènes d'un **écosystème** et donc de son potentiel fonctionnel.

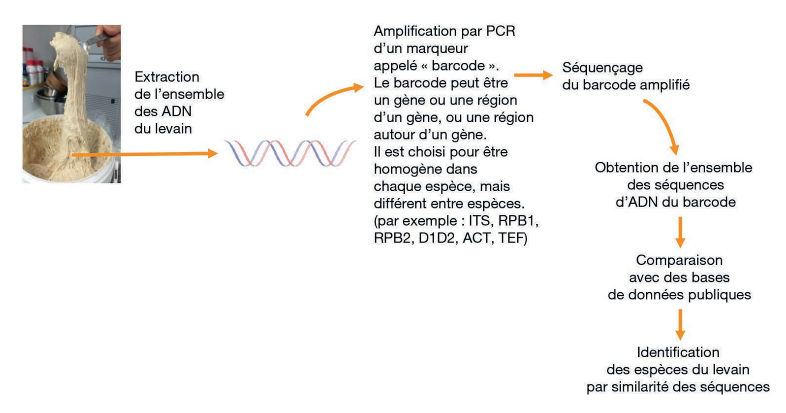
Métagénétique

La métagénétique est une méthode d'analyse d'un échantillon de l'environnement qui permet de caractériser la diversité des **espèces** microbiennes d'un **écosystème.**

On la considère comme « culture indépendante » car elle ne nécessite pas d'isoler et de cultiver les souches de **bactéries** ou de **levures** une à une de l'écosystème. L'ADN est extrait directement du levain. Un gène, ou une région d'un gène, est ensuite amplifié à partir de cet ADN et **séquencé**. On obtient ainsi un grand nombre de **séquences** qui proviennent des différentes espèces microbiennes du **levain**. Ces séquences sont assignées (affectées) à des espèces à l'aide de bases de données, ce qui permet de connaître la composition en espèces du levain. On parle de « métagénétique » car l'analyse se fait sur un gène ou une région ciblée entre les gènes.

Métabarcoding

Méthode similaire à la méthode de **métagénétique**. C'est un nom plus générique. C'est un barcode qui est **séquencé**. Le barcode est une partie ciblée du **génome**, il peut être un gène, une région d'un gène ou une région entre les gènes (intergénique).



Analyse par métabarcoding de la composition en espèces microbiennes d'un levain.

Microbiome

En anglais, le terme microbiome fait référence à l'ensemble des **génomes** du **microbiote**. En français, il est parfois utilisé pour parler de l'ensemble des génomes du microbiote, mais il peut aussi vouloir dire « le biome » du microbiote, c'est-à-dire son lieu de vie.

Microbiote

Ensemble des micro-organismes d'un environnement donné.

Mie

Partie intérieure du **pain,** qui se caractérise par une teneur en **eau** suffisante, qui garde des aptitudes à la déformation associées aux qualificatifs, **élastique**, ferme, souple ou moelleux. Sa structure se définit par le nombre d'alvéoles par unité de surface, la régularité alvéolaire et l'épaisseur de ses parois. Son aptitude à la déformation est fonction, d'une part, de l'épaisseur des parois des alvéoles et de la rigidité de la structure interne des parois et, d'autre part, de la teneur en eau, de la **gélification de l'amidon** et de la **coagulation des protéines**.



Différentes structures de mie pour des perceptions sensorielles spécifiques.
Source : Projet BAKERY.

Mouture

La mouture des grains, sur cylindres, a comme objectif final, l'obtention de fractions distinctes (**farine**, sons, remoulages, germe), elle fait appel

à une succession de passages de broyage et de convertissage (14 à 16 en général) et de tamisage pour obtenir une séparation optimale de ces fractions.
Dans le cas de la mouture sur meules, la réduction du grain se fait progressivement du centre de la meule vers la périphérie, par une diminution de l'écartement entre les meules et par un rayonnage spécifique. Chez les paysans-boulangers, elle se fait en un seul passage. La séparation par tamisage du produit donne en général deux fractions, la farine et les sons.

Unité de mouture Astrié, meule et bluterie. Moulin Astrié, ferme d'Orvilliers. Source : Projet BAKERY.



Tableau 5. Rendements ou taux d'extraction indicatifs en farine.

Types de farine	Taux d'extraction moyens (%) (mouture sur cylindres)	Taux d'extraction moyens (%) (mouture sur meules flottantes)	Taux d'extraction moyens (%) (mouture sur meules Astrié)
45	70-75	/	/
55	75-80	/	/
65	78-83	/	/
80	82-86	60-70	75-80
110	87-90	70-80	85-90
150	90-98	> 80	> 90

Multiplication cellulaire

Résultat de la division cellulaire d'organismes vivants. Pour les micro-organismes du levain, les **levures** se multiplient par bourgeonnement et les **bactéries** lactiques par scissiparité (division binaire), de manière exponentielle (chaque cellule se multipliant par deux après chaque division). La multiplication cellulaire peut aussi être appelée « **croissance cellulaire** ».

Mutualisme

C'est une autre forme d'**interaction** positive, au même titre que la **facilitation**. Mais dans le cas du mutualisme, les deux **espèces** impliquées bénéficient mutuellement de la présence l'une de l'autre, alors que la facilitation ne peut aller que dans un sens.

Numération

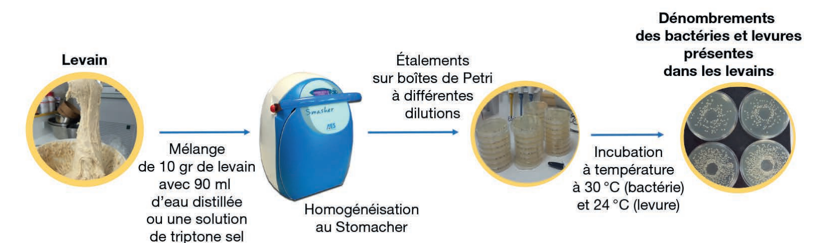
Méthode de quantification des micro-organismes d'un **levain** par mise en culture sur milieu sélectif ou non. L'échantillon est dilué, étalé sur un milieu adapté pour la flore recherchée (**levures**, **bactéries lactiques**) et puis mis en incubation pour permettre la croissance. Chaque cellule se divise et forme une colonie de cellules. Les colonies formées deviennent visibles à l'œil nu et sont comptées.

Le résultat du **dénombrement**, tenant compte des dilutions effectuées, est exprimé en Unité Formant Colonie (**UFC**)/g. À noter que :

— les milieux et les conditions de culture peuvent influencer le développement des micro-organismes et le résultat obtenu correspond aux formes viables des micro-organismes ;

— il existe des micro-organismes qui sont viables mais non cultivables (VNC), donc non pris en compte dans le résultat de la numération ;

— les résultats de dénombrement sont donc, en général, relativement imprécis et sans doute sous-évalués ; notamment pour les bactéries lactiques.



Dénombrement du nombre de cellules de bactéries et de levures présentes dans le levain. Source : Projet BAKERY.

Oxydation, oxygénation, oxygène

L'air contenant de l'oxygène, on associe l'aération d'une pâte à une oxygénation. L'oxygène va avoir un impact, d'une part, sur l'activité microbienne (métabolisme respiratoire) et, d'autre part, sur les réactions physico-chimiques (oxydations). Ces dernières sont en général catalysées par des enzymes. Elles conduisent notamment à l'oxydation des pigments caroténoïdes ayant pour conséquence le blanchiment des pâtes, à l'oxydation des protéines responsable de la **prise de force** des pâtes, à l'oxydation des matières grasses qui conduit au rancissement et à l'oxydation de la vitamine E.

Pain

Pâte issue d'un **procédé de panification** après sa **cuisson**. Les caractéristiques visqueuses de la pâte ont fait place à une structure rigide élastique. On distingue la **croûte** de la **mie** par la différence de dessèchement, les réactions de coloration et la structure alvéolaire.

Panification française

PANIFICATION (PROCESSUS)

La panification est un processus de mise en œuvre de la fabrication du **pain**, en général dans un même lieu, la **boulangerie**. Elle se fait par des opérations unitaires distinctes mais liées et qui sont ordonnées de manière spécifique en fonction du type de pain (pain courant français, pain de tradition française, pain au **levain**, etc.). Elles visent à des caractéristiques qualitatives attendues, et font appel à du matériel ou des opérations manuelles, des matières premières, du savoir-faire et des **pratiques boulangères** par des **paysans-boulangers** ou **artisans boulangers.**

PANIFICATION (PROCÉDÉ)

Le **pain** français est un aliment issu d'un procédé qui met en œuvre quatre opérations unitaires (**pétrissage**, **façonnage**, **étapes de fermentation**, **cuisson**). Il est obtenu par cuisson au four d'une pâte pétrie, fermentée et mise en forme, composée essentiellement de farine (blé ou seigle), d'eau, de sel et d'un agent de fermentation (**levure** ou **levain**). Suivant les appellations réglementaires des pains, il peut ou non contenir certains additifs et/ou auxiliaires technologiques.

Paysan boulanger

La législation permet de disposer d'un atelier de transformation à la ferme pour commercialiser les produits issus de sa propre production agricole.

Le paysan **boulanger** a comme activité complémentaire à l'agriculture de transformer son blé en farine et en pain. Il existe une tolérance de 30 % maximum de son activité qui relève de l'utilisation et de la transformation de produits provenant de l'extérieur, cette tolérance s'appliquant uniquement pour les agriculteurs au régime fiscal « au réel ».

Pétrissage

Opération de structuration des ingrédients d'une pâte afin d'obtenir la formation d'un réseau tridimensionnel, le gluten.

Le pétrissage correspond principalement au développement et à l'orientation des **protéines** du **gluten**, en fonction des types de sollicitations mécaniques, notamment la compression et le cisaillement, et du régime d'écoulement de la pâte. Un travail en extension de la pâte, lorsque le réseau se forme, conduit à favoriser une incorporation plus irrégulière de l'air dans la pâte, on parle de « soufflage » ; cet effet est obtenu par certains pétrins mais aussi, en pétrissage manuel, par étirement et rabat de la pâte dans la dernière étape du pétrissage.

Le pétrissage impacte directement la quantité, la répartition et la stabilisation de l'air dans la pâte. Un pétrissage dit « intensif » conduira, par rapport à un « pétrissage avec peu d'énergie dispersée », à une quantité d'air incorporée plus forte et à une dispersion plus régulière de l'air dans la pâte. Il préfigurera des structures de mie avec de nombreuses alvéoles, petites et régulières (mie mousseuse et moelleuse) et une



Structuration de la pâte en cours de pétrissage. Source : Projet BAKERY.

croûte plus fine et croustillante. En **panification** au levain, le pétrissage, généralement peu intensif, va donner une structure alvéolaire avec moins d'alvéoles, plus irrégulières aux parois plus épaisses, donc une **mie** et une **croûte** plus fermes. Sur la pâte en fin de pétrissage, le gluten, moins bien formé, stabilise moins l'eau ce qui provoque du suintement ; l'expression « morveuse » pour désigner une pâte mal pétrie qui reste suintante et relâche son eau peut être encore utilisée. Ce phénomène disparaît en cours de **pointage** avec l'évolution de la **force de la pâte**.
À intensités de pétrissage, quantités et qualités de gluten et consistances identiques, les différences de structure de mie et de croûte seront impactées par le ferment utilisé (levain ou levure) et son **activité.**

Pétrissée

Quantité de pâte à pétrir ou pétrie destinée à une fabrication de pains dont la **proportion des ingrédients** est variable suivant les pains et les boulangers.
Synonymes : pétrie.

pH (potentiel hydrogène)

Le pH est associé à la concentration, mais aussi à l'**activité** chimique de l'ion hydrogène H^+ dans une solution ou un milieu hydraté. Par définition, le pH est inversement proportionnel à la concentration en ion H^+.
En présence d'acides, en fonction de la concentration en ions H^+ libérés dans le milieu et en fonction de la nature du milieu, le pH diminue. Il existe donc un lien entre le pH et la mesure de l'**acidité** totale (TTA).
Cependant, cette activité potentielle de l'ion H^+ peut être réduite si l'hydrogène se lie avec certains constituants, on parle d'« effet tampon » d'un milieu. Ainsi, dans la fermentation au levain, la présence de protéines en quantité plus élevée dans les parties périphériques du grain augmente l'effet tampon, le pH diminuant moins vite que l'augmentation de l'acidité. Des différences de pH ne traduisent donc pas nécessairement des variations de concentrations en acides et les valeurs de pH sont comparables sur des milieux de composition relativement proche. Le décret pain précise qu'un pain au levain doit présenter un pH ≤ à 4,3.



pH.

Plancher

Temps de repos des farines entre la **mouture** et la fabrication du pain. Autrefois, ce temps de repos des farines se réalisait par un entreposage des sacs de farine sur des surfaces de plancher du moulin. Pendant cette durée de repos, la farine s'oxyde : **oxydation** des pigments caroténoïdes (blanchiment de la farine) et oxydation des protéines (force de la farine). On note une évolution significative dans les 48 h après mouture, moins marquée jusqu'à 7 jours et lente, après ce temps. Un temps de plancher d'une semaine est considéré comme satisfaisant.

Pointage

Première étape de **fermentation panaire**, souvent associée à la période pendant laquelle la pâte fermente « en masse » ou « en cuve » avant la division ; elle se prolonge pendant les opérations de mise en forme des pâtons. Durant cette étape, le boulanger est très attentif à la **pousse**, à la prise de **force** et à la **porosité** de la pâte. Parallèlement à l'activation microbienne, la pâte acquiert une meilleure stabilité et plus de **résistance élastique** ; ce phénomène de prise de force, lié à des phénomènes d'**oxydation** des protéines est dépendant de la poussée gazeuse. À même température, à même durée et à même intensité de pétrissage (importance de l'oxygénation), une pâte prend plus rapidement de la force si l'activité de **fermentation** est plus forte. S'il apparaît dans cette étape un déséquilibre entre une fermentation un peu trop rapide et une **prise de force** insuffisante, l'excès de gaz conduira à des risques de déchirement ou de **porosité** de la pâte et l'action de **rabat** de la pâte s'impose.



État de la pâte en fermentation en fin de l'étape de pointage. Source : Rencontre Triptolème, 2020.

Poolish

Culture de **levure de boulangerie** sur un mélange composé généralement de moitié **farine** et moitié **eau**, et subissant une **fermentation** de 3 h à 12 h dans les procédés les plus courants, avant introduction dans une **pétrissée**.

Porosité

Pâte présentant en surface de multiples petits trous, signes de ruptures dans sa structure ; son aptitude à la rétention gazeuse est mauvaise.

Pousse

La pousse désigne, soit un niveau de développement de la pâte, lié à la production et à la rétention gazeuse, à l'**élasticité** et à l'**extensibilité** de la pâte, soit une vitesse de développement (pousse rapidement ou lentement), soit une forme que prend la pâte en cours de développement (pousse en forme ronde ou plate). La pousse varie aussi en fonction de la **pression atmosphérique**.



Niveau de développement ou pousse de la pâte en banette en fin d'apprêt. Source : Cécile Dubart.

Pousse lente

- Vitesse de fermentation lente.
- Technique de **fermentation** ralentie par le froid, la zone de température pouvant varier entre 8 °C et 18 °C.

Pousse plat

Aspect plat ou **relâché** de la pâte en **fermentation**, synonyme d'un manque de **force** et de tenue.

Pousse rond

Aspect arrondi de la pâte en cours de **fermentation**. Pendant le **pointage** en cuve ou en bac, la pâte après **pétrissage**, qui se trouve dans un état relâché (plat), acquiert progressivement de la **force**. Cela se traduit pendant cette fermentation par l'apparition d'un aspect arrondi de la partie supérieure, synonyme d'une amélioration de sa **tenue** ou de sa stabilité et de sa **résistance élastique**. La forme plus ou moins arrondie de la pâte peut être qualifiée d'« assez ronde », « ronde », « très ronde », ce qui est associé au degré de prise de force.

Pratiques boulangères

On entend par pratiques boulangères, le choix des matières premières (**types de farines**, issues de blés de **variétés anciennes, modernes ou paysannes**, **levain** ou **levure**), des matériels, l'organisation du travail, les conditions environnementales (espace de fabrication) et sociales, les **procédés de panification** et les types de pain. Elles impactent la diversité et l'équilibre des **espèces** microbiennes dans l'élaboration des **levains**.

Pression

La **pression atmosphérique** correspond au poids qu'exerce une colonne d'air de la partie haute de l'atmosphère sur une surface terrestre. La pression atmosphérique est d'autant plus forte que la colonne est haute, ce qui est le cas au niveau de la mer par rapport à un positionnement en montagne.

La pression peut varier de manière horizontale notamment par les variations de températures de l'atmosphère : on observe des zones de basse pression (dépressions) et de haute pression (anticyclones). Ces phénomènes ont une influence sur l'expansion des gaz particulièrement en cours de **fermentation**. Pour une même quantité de gaz dans la pâte, si celle-ci se situe en montagne et en période de dépression, comme les temps d'orage, la pâte gonfle beaucoup plus rapidement.

La **pression osmotique** est déterminée par une force liée à la différence de concentrations en sucre ou en sel, par exemple, de deux solutions A et B séparées par une membrane poreuse. La solution A plus chargée en sucre ou en sel par rapport à la solution B, va exercer une force qui tend à faire passer l'eau ou le solvant de la solution B vers la solution A, c'est-à-dire de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée. Ce phénomène se produit sur les cellules de micro-organismes lorsque la concentration en sel et en sucre est élevée. Il peut conduire à des altérations des structures cellulaires jusqu'à la lyse cellulaire.

Procédé de panification au levain (pratiques de base)

On associe un procédé à la conduite de travail et à la manière de faire.
L'**activité fermentaire** dans un levain étant réduite par rapport à une utilisation directe de levure, il est nécessaire d'optimiser cette activité tout en favorisant au maximum les capacités de rétention gazeuse et de déformation de la pâte :

— **rafraîchis** rapprochés pour l'élaboration d'un **levain tout point** moins hydrolysé ;
— pâte douce (molle), qui pousse plus facilement ;
— pâte assez chaude 24-26 °C, pour augmenter l'activité de fermentation ;
— **pointage** en cuve assez long, suivant la température, de 2 h à 3 h (volume de pâte sensiblement multiplié par 2) ;
— **apprêt** de 1 h 30 à 3 h (volume de pâte sensiblement multiplié par 3) ;
— **cuisson** dans un four à sole épaisse pour favoriser l'expansion des gaz et accroître le volume du pain.

(voir figure page ci-contre)

Procédé de panification au levain (suivi qualitatif)

La conduite de la fermentation au levain est dépendante des matières premières, du mode de mouture du blé, de l'**activité microbienne**, des activités **enzymatiques** et de l'évolution de l'état de la pâte associée à la notion de **force de la pâte** (**élasticité**, **extensibilité**, **relâchement**, etc.). Les observations se font à différentes étapes du **processus de panification**.

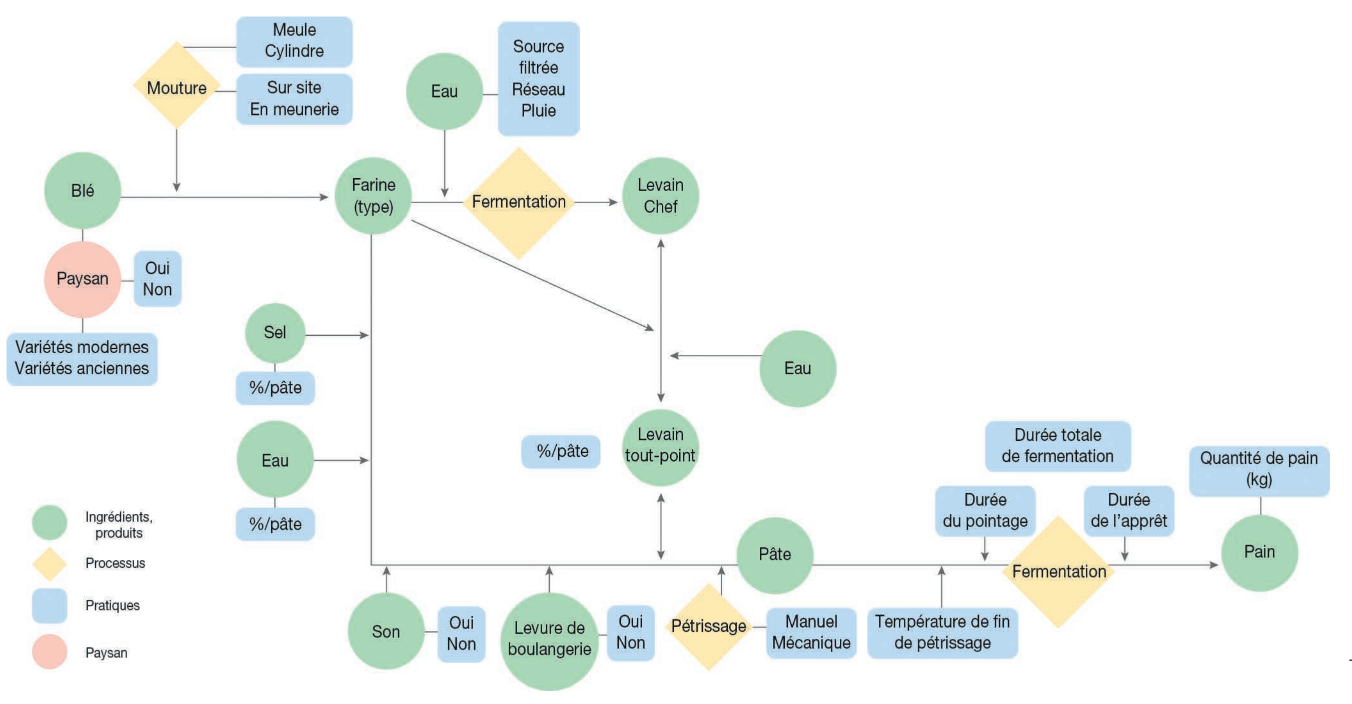
Processus d'élaboration d'un levain

Fabriquer un levain s'apparente à l'élaboration d'une culture de micro-organismes à partir – au démarrage – de la flore microbienne des farines. Ce processus nécessite différentes périodes de fermentation après un apport complémentaire de farine et d'eau et une aération du mélange (**rafraîchis**).

(voir tableau 6 page 76)

Processus de fabrication du pain au levain

Le processus de fabrication du pain au levain nécessite au départ un levain « mère » ou **« levain chef »**. Cependant, ce ferment d'origine ne permet pas de fabrications successives. Il faut donc en un temps plus court que les durées appliquées par le boulanger pouvoir entretenir un levain chef, pour multiplier la flore microbienne.



Procédé de panification au levain. Contrôles aux différents stades de la panification. Source : Projet BAKERY.

Tableau 6. Schéma d'élaboration d'un levain (*) chez un paysan boulanger. Source : Projet BAKERY.

Jours	Rafraîchis	Farine (g)	T °C farine	Eau (ml)	T °C eau	Levain (g)	T °C zone stockage levains	Hauteur de la pâte (cm)	
								Après rafraîchi	Après fermentation
J0	Démarrage	170	15,9	135	36,1		22		
J1	1	100	15,6	90	34,5		22	1	1,1
J3	2	250	13,8	245	34,5		22	1	1,2
J6	3	500	14	410	35,1		20	1	2,1
J9	4	500	14,6	405	37,1		22	1	2,0
J10	5	1 000	19,2	800	33		20	1	2,1
J14	6	600	19,2	500	34,8		20	1	1,9
J14	7	615	19	550	32,5		20	1	2,3
J18	8	400	17,2	350	34,2		18,4	1	1,5
J19	9	800	19,2	670	32,5	***	21	1	Non renseigné
J20	10**	300	19,2	250	32,3	***	Réfrigérateur	1	Non renseigné

* La densité microbienne du levain était de 10^7 cellules de **levure**/g de levain et de 10^9 cellules de **bactéries lactiques**/g de levain.
** On considère qu'un **levain chef** a une stabilité microbienne avec 10 rafraîchis, il peut ensuite être conservé à des températures froides ou fraîches.
*** Dans les derniers **rafraîchis,** on peut multiplier la quantité de **levain** pour obtenir une quantité de levain chef adaptée aux besoins de la panification.

Chez les paysans-boulangers, qui assurent en général une seule panification par jour un à trois jours par semaine ; la pratique la plus courante est de partir du levain chef et de le multiplier en une seule fois, souvent la veille pour le lendemain, afin d'obtenir le levain tout point qui servira de ferment de la pétrissée. Lorsque les cycles de panification s'enchaînent dans la journée et régulièrement pour faire des quantités de pains importantes, le levain chef est multiplié en plusieurs étapes (**levain de première** et **levain de seconde**) avant la réalisation d'un **levain tout point**. En cours de journée, pour assurer la fermentation de la 2e ou 3e pétrissée, on prélève une partie de la pâte de la pétrissée précédente pour obtenir le levain de la pétrissée suivante (levain de pâte). La quantité de levain de pâte prélevée est variable en fonction des durées de fermentation de ce levain. À la dernière pétrissée, le levain de pâte prélevé devient le levain chef pour les pétrissées du lendemain.
(voir tableau 7 page suivante)

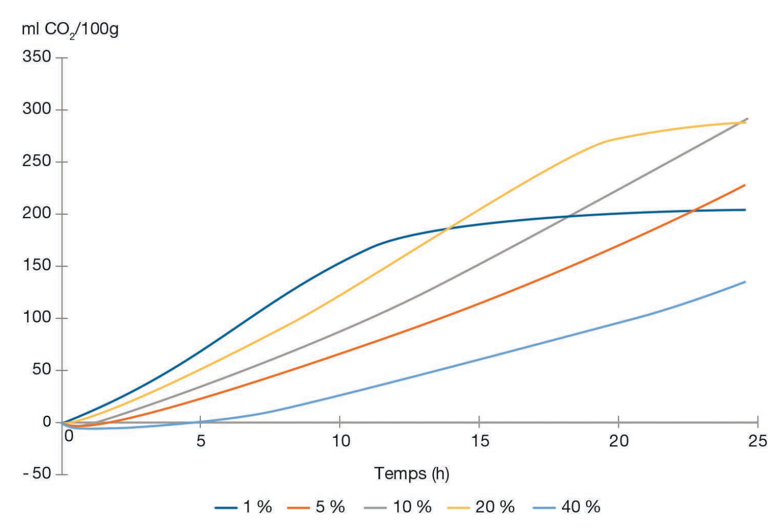
Production gazeuse

L'activité fermentaire des micro-organismes du **levain**, et principalement des levures, conduit à une libération de dioxyde de carbone (CO_2) dans la pâte, à partir des substrats glucidiques disponibles (maltose, glucose, etc.). La production gazeuse et la cinétique de production se mesurent dans un système fermé équipé d'un capteur de pression. Cette production gazeuse va permettre la levée de la pâte. Les bactéries lactiques hétérofermentaires sont en mesure de produire également du CO_2, mais en très faible quantité par rapport aux levures. La production gazeuse dépend de la disponibilité en substrats : substrats préexistants dans la pâte et issus de l'activité amylasique libérant du maltose et d'autres composés fermentescibles. La production gazeuse dépend aussi des espèces et/ou souches de levures présentes dans le levain. En effet, certaines espèces et/ou souches sont plus actives que d'autres. Par ailleurs, certaines levures n'utilisent pas le maltose et sont donc dépendantes de la présence d'autres substrats issus par exemple de l'hydrolyse du maltose par certaines bactéries lactiques. Enfin, la production gazeuse dépend des facteurs affectant l'activité et les cinétiques microbiennes, comme le pourcentage de levain, la température et la durée. L'ordre de grandeur de la production gazeuse dans une pâte au levain peut varier de 2 à 3 l/kg. Il est possible de caractériser l'activité d'un levain ou d'une levure par la vitesse de production gazeuse (ml de CO_2/100 g/h).
(voir figures page 79)

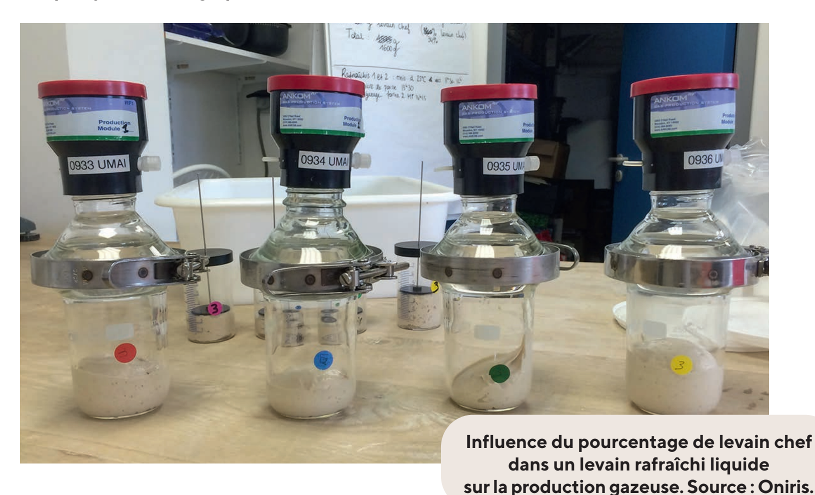
Tableau 7. Organisation d'une journée de panification (trois fournées en travail à la main). Source : CNERNA, 1962.

Temps (h)	Opérations	Levain chef (kg)	Farine (kg)	Eau (l)	Total (kg)	% levain/ pâte	% levain/ farine	Levain de pâte (kg)	Panification (kg)
0 h	Levain de première	2,5	8	4*	14,5	17	31		
	Fermentation ralentie (levain frais) Repos du boulanger								
8 h	Levain de seconde	13,5	10,5	8*	32	42	129		
	Fermentation activée (levain chaud)								
10 h	Levain tout point	31	30	16*	77	40	103		
12 h	1re pétrissée	77	62	37**	176	44	124***	44	132
14 h	2e pétrissée	44	76	45**	165	27	58***	33	132
16 h	3e pétrissée	33	64	38**	135	24	52***	2,5	132
	Pointage	Fabrications						Fermentation du chef	
	Tourne								
	Apprêt								
	Cuisson								
	Ressuage								
	Nettoyage								
24 h	Nettoyage								

* Eau non salée ; ** eau salée à 30-35 g/l ; *** la proportion de levain diminue parce que le potentiel de fermentation et la qualité physique de la pâte augmentent.



Mesure et acquisition de données de la production de gaz carbonique en fonction du temps. Système Risographe.



Influence du pourcentage de levain chef dans un levain rafraîchi liquide sur la production gazeuse. Source : Oniris.

Proportions des ingrédients dans une pétrissée au levain

La proportion des ingrédients d'une recette est nécessaire pour déterminer la quantité en masse de ces ingrédients en fonction de la masse totale de pâte de la **pétrissée** pour une **fournée**. Elle permet une analyse plus fine des éléments qui ont une influence sur la qualité de la pâte et du pain (proportions de l'eau, du gluten, des ferments, du sel, etc.)

L'objectif est ici de présenter un outil de calcul de la proportion des ingrédients par rapport à la quantité de farine choisie et par rapport à la pâte totale pour chaque étape de la fabrication.
(voir tableau 8 page ci-contre)

Protéines

Les protéines sont des molécules organiques composées de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'azote, auxquelles peuvent s'ajouter des éléments minéraux comme le soufre. Elles sont constituées de molécules élémentaires appelées « acides aminés ». La liaison entre deux acides aminés se fait par condensation entre le groupement amine d'un acide aminé et le groupement acide d'un autre acide aminé pendant la synthèse des protéines. Ce type de liaison appelé « liaison peptidique » conduit à la formation de protéines, ou chaînes polypeptidiques. Cet enchaînement peut atteindre plusieurs centaines d'acides aminés dont l'association suit une certaine séquence (ordre de positionnement des acides aminés) dépendant des **gènes** présidant à leur synthèse.
La nature des acides aminés qui composent une protéine, la configuration et les différents types de liaisons existants, donnent aux protéines des propriétés physiques et fonctionnelles très variées, comme notamment la capacité de formation du **gluten**.

Protéines (types)

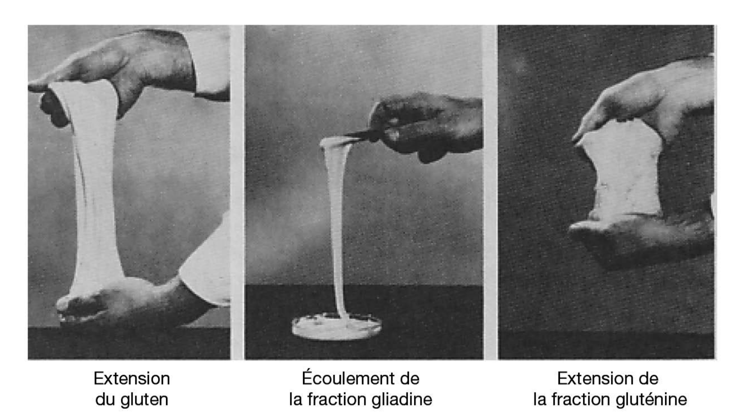
Familles de protéines classées suivant leurs poids moléculaires et leur solubilité.
Traditionnellement, les protéines étaient classées par leurs caractéristiques de solubilité.
Au début du XXe siècle, Osborne proposait une division des protéines en quatre types : les albumines, les globulines, les prolamines et les glutélines.
LES ALBUMINES (SOLUBLES DANS L'EAU) :
De forme globulaire, elles peuvent être dénaturées par la chaleur (par exemple, les protéines du blanc d'œuf).
Les albumines du blé représentent environ 5 à 10 % des protéines totales, elles sont concentrées surtout dans la périphérie du grain et dans le germe.
LES GLOBULINES (SOLUBLES DANS LES SOLUTIONS SALINES DILUÉES) :
De forme globulaire. Dans le blé, elles représentent 5 à 10 % des protéines totales et se concentrent comme les albumines dans les parties périphériques de la graine.

Tableau 8. Exemple de présentation d'une formule de fabrication.

Ingrédients	% sur farine	Masses (g)	% sur pétrissée	% sur farine totale
Formule du levain chef				
Farine	100	311	7	11
Eau	55	171	4	
Total levain chef	155	483	10	
Formule du levain tout point				
Farine	100	568	12	20
Eau	62	349	8	
Levain chef	85	483	10	
Total levain	247	1 400	30	
Formule de la pétrissée, ou pétrie				
Farine	100	2 000	43	69
Eau	60	1 200	26	
Eau ajoutée	0	0	0	
Sel	2	40	1	
Levain tout point	70	1 400	30	
Total pétrissée		4 640	100	
Formule des ingrédients de la pétrissée				
Total farine	**100**	**2 879**	**62**	**100**
Total eau	**71,81**	**1 721**	**37**	
Sel	**1,67**	**40**	**1**	
Total ingrédients		**4 640**	**100**	

- Formule de départ
- Proportion d'eau par rapport à la farine qui permet d'orienter la consistance du levain
- Proportion de farine fermentée par rapport à la farine totale qui donne une indication des risques qualitatifs sur le gluten
- Proportion de farine apte à former du gluten pour assurer la rétention gazeuse
- Proportion de levain dans la pâte qui donne une indication sur l'activité microbienne de la pâte
- Proportion de farine totale utilisée pour une masse de pâte qui permet d'envisager le besoin journalier, hebdomadaire et annuel
- Quantité de pâte à pétrir en fonction du nombre et du poids des pains fabriqués

Les prolamines ou gliadines (solubles dans les solutions alcooliques) :
Dans le blé, elles représentent 40 à 50 % des protéines totales et se concentrent surtout dans l'amande ou albumen du grain. On les retrouve dans le **gluten** et elles apportent à ce produit ses caractéristiques visqueuses (fluidité et extensibilité).
Leurs poids moléculaires varient de 35 000-40 000 (bas poids moléculaire) à 90 000 (haut poids moléculaire).
Les glutélines ou gluténines
(solubles dans les solutions d'acides ou d'alcalines) :
Avec 30 à 40 % des protéines totales, elles assurent au **gluten** ses caractéristiques élastiques, sa cohésion et sa résistance aux déformations. Leurs poids moléculaires peuvent varier de 1 à 3 millions. Comme les gliadines, on les trouve principalement dans l'albumen du grain.
Actuellement la séparation des classes de protéines se fait surtout par chromatographie de type **HPLC.**



Comportement en extension d'un gluten, de sa fraction gliadine et de sa fraction gluténine. Source : Hoseney, 1986.

Quotient fermentaire

Dans un **levain** ou un pain au levain, le quotient fermentaire (QF) correspond au rapport des concentrations exprimées en moles de l'acide lactique (poids moléculaire : 90) sur l'acide acétique (poids moléculaire : 60). Plus il est élevé, plus il contient d'acide lactique par rapport à l'acide acétique. Le QF varie en général entre 3 et 7 pour les pains au levain. Selon différents auteurs, ce QF a une incidence sur les caractéristiques sensorielles du pain. Un QF inférieur à 3 correspond à un pain plus riche proportionnellement en acide acétique, avec un impact assez net sur la perception de l'acidité du pain.

Rabat

Action qui consiste, au cours du **pointage**, à plier une pâte pour la dégazer, sans la déchirer. Cette opération va éviter une extension trop importante de la structure gluténique au cours de la **fermentation** et permettre une reprise de cohésion de la pâte, ce qui se traduit par une augmentation de sa **résistance élastique**. On constate aussi une division des alvéoles de gaz qui impacte la structure alvéolaire de la mie du pain. Cette pratique peut signifier pour le boulanger : « redonner de la **force** ».
Synonymes : rompre ou donner un tour, si l'opération se fait dans le pétrin.

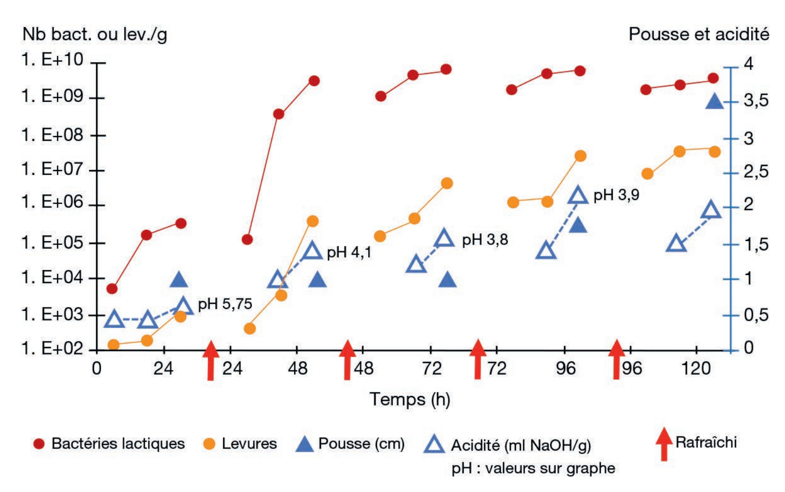


Phases de dégazage et de pliage dans l'opération du « rabat ». Source : Rencontre Triptolème, 2020.

Rafraîchir, rafraîchis, rafraîchissements

On doit distinguer les rafraîchis nécessaires pour l'élaboration d'un levain de ceux qui consistent à réactiver et/ou à maintenir l'**activité microbienne** d'un levain.
Pour cela, rafraîchir consiste à ajouter au levain de la farine céréalière et de l'eau dans des proportions permettant de redonner ou de maintenir la consistance du levain, de contribuer à une aération et à une ré-**oxygénation** de la pâte, de renouveler les substrats nutritifs pour l'activité des micro-organismes, de restreindre les facteurs limitants (comme l'excès d'acidité) défavorables à l'activité microbienne.

On considère en moyenne que l'élaboration d'un levain demande une dizaine de rafraîchis pour obtenir un état optimal de l'activité du levain et sa régularité, liés à la sélection des micro-organismes et à la stabilité des populations au cours du temps.
La durée de **fermentation** nécessaire pour redévelopper et stabiliser l'activité microbienne dépend de la proportion du **levain** dans le rafraîchi, de la composition de la farine (taux de cendres, etc.), des températures (ambiance, eau), de la consistance et de la concentration en ions (éléments chargés électriquement comme les minéraux contenus dans l'**eau** ou le **sel** ajouté), mais aussi de la concentration en alcool et en acides du levain rafraîchi, qui contribuent à une augmentation du **temps de latence**.



Exemple de biocinétique lors de l'élaboration d'un levain « naturel ». Source : Ragot L. et Onno B., 1988.
*Les flèches de couleur rouge indiquent les moments de rafraîchis. Les valeurs de pH à chaque rafraîchi sont mentionnées dans le graphe. Les cinétiques dépendent des paramètres environnementaux T °C, H %, etc.

Rassissement

Raffermissement ou rigidification de la **mie** au cours du temps qui se traduit par la perte du moelleux. Cette évolution est indépendante de la perte en eau dans la mie du pain, elle correspond principalement, pour le pain, à un changement d'état de l'**amidon** (constituant majoritaire). Ce phénomène de rigidification est moins fort si l'activité **amylasique** de la farine tend à augmenter car l'**hydrolyse** de l'empois d'**amidon** (amidon cuit) est plus marquée. Cette hydrolyse est

favorisée par les **fermentations** longues et/ou au levain. On peut redonner de la souplesse à la mie du pain en la réchauffant par un nouveau passage au four mais cette évolution reste de courte durée.

Relâchement, relâché

Phénomène d'écoulement de la pâte qui apparaît après une sollicitation excessive de la pâte (excès de pétrissage, d'apprêt, scarification, etc.). Le réseau de gluten n'est pas suffisamment résistant pour maintenir la pâte dans sa forme primitive.
(Voir : **Tenue**)



État de relâchement de la pâte après scarification. Source : INRAE.

Rendements

Le rendement en culture d'un blé est la quantité de blé produit par hectare de surface cultivée.
Le rendement en **farine** (taux d'extraction) d'un blé est la quantité de farine extraite du blé pour un **type de farine** déterminé.

Le rendement en **eau** d'une farine est l'**hydratation** ou la quantité d'eau absorbée par une quantité de farine au pétrissage pour une **consistance** donnée de pâte boulangère.
Le rendement en pain d'une farine est la quantité, pour une teneur en eau donnée, de pains réellement fabriqués à partir d'une quantité de farine pour une formule et un procédé de fabrication déterminés.

Reproduction cellulaire

La reproduction cellulaire, aussi appelée «**division cellulaire**», consiste à faire deux cellules à partir d'une. Chez les **bactéries**, elle se fait par simple division en deux de la cellule et partage de l'information génétique qui s'est répliquée (ADN). Chez les **levures** des **levains**, elle se fait par **bourgeonnement**, avec aussi partage de l'information génétique après sa réplication.

Résistance élastique

Elle est associée au niveau de résistance permanent pendant une succession de petites déformations, correspondant à une intensité élastique et elle permet d'apprécier la capacité de rétraction de la pâte. Termes ou expressions associés : «ça revient ou pas».



Appréciation en fin de pétrissage de la résistance élastique de la pâte après un étirement (déformation). Source : Rencontre Triptolème, 2020.

Respiration

Transformation complète du glucose en milieu **oxygéné**.
Cette voie métabolique est très énergétique et permet aux cellules (**levures**) une multiplication avec un rendement cellulaire élevé. C'est

cette voie qui est mise à profit pour la production industrielle de **levure de boulangerie**. Le rendement est défini par le quotient de la quantité en matière sèche de cellules fabriquées pour une quantité donnée de substrat glucidique consommé.
En milieu aérobie et sans excès de substrat glucidique, le rendement est d'environ 1 g de levure pour 2 g de glucose.

$C_6H_{12}O_6$	+	$6\ O_2$	+	36 ADP	+	$36\ P_i$	→	$6\ H_2O$	+	$6\ CO_2$	+	36 ATP
Glucose		Oxygène		Adénosine diphosphate		Phosphate		Eau		Gaz carbo-nique		Adénosine triphosphate - Énergie-

En condition anaérobie, sans apport d'oxygène (air), les levures **fermentent** et le rendement en biomasse est alors d'environ 1 g de levure pour 20 g de glucose. Parallèlement, il y a production d'éthanol et de CO_2.

$C_6H_{12}O_6$	+	2 ADP	+	$2\ P_i$	→	$2\ CO_2$	+	$2\ C_2H_5OH$	+	2 ATP
Glucose		Adénosine diphosphate		Phosphate		Gaz carbonique		Éthanol		Énergie

Dans une pâte à pain ou un levain, du fait du faible apport d'oxygène et de la teneur relativement élevée en glucides, les levures présentes sont principalement en mode fermentaire.

Ressuage

Période suivant le défournement, pendant laquelle le pain refroidit pour se stabiliser à la température ambiante, et perd une partie de son **eau** (1 à 3 %) par évaporation.

Réveiller un levain

Réactiver un levain en état de « dormance » en jouant sur les facteurs environnementaux (température, hydratation, etc.) ou par **rafraîchis**.

Scarification

Opération qui consiste à inciser les pâtons avant leur mise au four. L'objectif est de réduire la **résistance élastique** de la pâte pour faciliter le gonflement des pâtons en début de cuisson sous la pression des gaz et de la vapeur d'eau. Les incisions peuvent être transversales, longitudinales, en croix, en coupe polka ou saucisson et contribuent à l'aspect esthétique du pain.
Synonymes : coupe, lamage.
(voir photos page suivante)



Scarification en angle des pâtons en partie supérieure par trois coups de lame. Source : Projet BAKERY.



Scarification verticale avant enfournement. Source : Projet BAKERY.

Sel

Lorsqu'on mélange le sel dans l'eau ou dans un milieu hydraté comme la pâte, le sel « de cuisine » ou chlorure de sodium perd sa structure ordonnée de cristal, il se dissout. Les atomes se séparent par **dissociation ionique**.

L'augmentation de la concentration en sel dans un milieu entraîne l'augmentation de la force ionique. Ces ions peuvent donc interagir avec d'autres charges électriques comme :

— les autres sels et les acides que l'on trouve aussi sous forme dissociée ;

— les **protéines** en favorisant leurs liaisons et en renforçant, par exemple, la résistance du **gluten**.

Le sel exerce aussi une **pression osmotique** sur les micro-organismes et freine leurs **activités** ; de ce fait, son usage est déconseillé dans le démarrage des levains qui ont une activité microbienne trop faible. Lorsque le levain est actif, l'incorporation de sel est un moyen de freiner son activité.

Semences paysannes

Pour les paysans-boulangers se reconnaissant dans les valeurs du Réseau semences paysannes, les semences paysannes sont un commun inscrit dans une coévolution entre les plantes cultivées, les communautés et les territoires (notions développées dans la charte du Réseau semences paysannes). Elles sont issues de populations dynamiques reproduites par le cultivateur, au sein d'un collectif ayant un objectif d'autonomie semencière. Elles sont et ont toujours été sélectionnées et multipliées avec des méthodes non transgressives de la cellule végétale et à la portée du cultivateur final, dans les champs, les jardins, les vergers conduits en agriculture paysanne, biologique ou biodynamique. Ces semences sont renouvelées par multiplications successives en pollinisation libre et/ou en sélection massale, sans autofécondation forcée sur plusieurs générations. Les semences paysannes, avec les savoirs et savoir-faire qui leur sont associés, sont librement échangeables dans le respect des droits d'usage définis par les collectifs qui les font vivre.





Variété ancienne et semences paysannes. A. Rouge de Bordeaux. B. Touselles.

Séquençage

L'information génétique (ADN pour acide désoxyribonucléotidique) est composée d'une succession (séquence) de nucléotide (A, T, G, ou C). Ce sont uniquement l'ordre et les répétitions de ces quatre nucléotides (A, T, G, C) qui font la spécificité de l'information génétique.

Le séquençage consiste à déterminer l'ordre de la succession des nucléotides, d'un **gène**, d'une région de gènes ou d'un **génome**. Selon les séquences analysées, le séquençage permet ensuite soit d'identifier un micro-organisme, soit d'étudier les fonctions codées par le(s) gène(s) étudié(s) présent/s chez tel ou tel micro-organisme.

Souche

Au sein d'une **espèce,** il existe une variabilité génétique, morphologique ou physiologique entre populations (entre souches). Une souche est une population de cellules qui vient d'une même cellule ancêtre commun par reproduction asexuée (bourgeonnement pour les levures, division pour les bactéries). Une souche est donc un ensemble de cellules identiques aux mutations près. Chez les micro-organismes, une souche est en quelque sorte l'équivalent d'une « variété homogène » pour les plantes cultivées.

Starters

Préparation commerciale composée de micro-organismes actifs, sélectionnés, concentrés et stabilisés (séchage, congélation, lyophilisation), en culture pure (1 souche), mixte (plusieurs souches ou espèces) ou complexe (**levures** et **bactéries** par exemple), destinée à ensemencer un produit à fermenter.

Sucres

Dans le langage courant (cuisine, alimentation, recettes), le terme de « sucre » correspond au saccharose plus ou moins purifié en sucrerie. Son pouvoir sucrant sert de référence (valeur 1 ou 100) pour le comparer à d'autres matières sucrantes.

Scientifiquement parlant (métabolisme, composition des aliments), le terme glucides (simples ou complexes) doit être préféré au vocable « sucres ». Ce sont des matières à pouvoir sucrant variable, parmi lesquelles des glucides simples comme le glucose (75), le maltose (90), le fructose (> 100) ou le saccharose. Ils sont en général fermentescibles, alors que les glucides complexes comme l'amidon doivent être hydrolysés pour faire apparaître un pouvoir sucrant et être fermentescibles.

Suinter, Suintement

Se dit d'une pâte qui ne retient pas complètement l'**eau** adsorbée et absorbée au cours du **pétrissage** ; le phénomène donne un aspect brillant et collant à la pâte.

Taxonomie

Branche de la biologie qui a pour objectif de regrouper les organismes vivants et de les nommer. Elle donne notamment leur nom aux espèces.

Température

La mesure de la température est basée sur la variation d'une grandeur physique (longueur, volume, pression) à partir des fluctuations des quantités de chaleur ou d'énergie. Avec l'augmentation de l'intensité des vibrations moléculaires, ces molécules occupent plus de place (effet de dilatation) et la pression augmente.
Plus la température s'élève et plus les molécules vibrent, s'accélèrent ou s'entrechoquent et produisent de la chaleur. Les **activités enzymatiques** augmentent, les milieux s'écoulent plus facilement (perte de la **consistance**), et dé**cristallisent**.



**Enregistrement de la température en fin de pétrissage.
Source : Rencontre Triptolème, 2020.**



Perception sensorielle de la température en cours de pointage. Source : Cécile Dubart.

Température de pâte

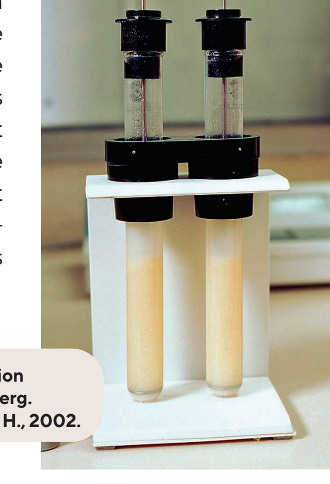
La température moyenne ou de référence pour la boulangerie française se situe entre 24 et 26 °C. On parle, pour des valeurs inférieures, de « pâtes froides », et pour les supérieures de « pâtes chaudes ». Ces indications ne portent pas de jugement de valeur, à savoir qu'une pâte froide n'est pas considérée comme insuffisante, cela dépend des conditions habituelles de travail du boulanger. Pour une panification au levain, les températures de pâte conseillées sont supérieures à 25 °C, donc chaude, pour favoriser l'activité des micro-organismes.

Pour obtenir entre chaque pétrissage, une température de pâte régulière ou constante, le boulanger prend en compte les trois températures qui impactent le plus la température finale de la pâte, à savoir les températures de l'eau, de la farine et de son fournil. La somme de ces trois températures constitue sa température de base, qu'il définit en fonction de la température souhaitée en fin de pétrissage. Le principe de raisonnement est simple : on considère que ces températures se compensent. Après avoir mesuré la température du fournil et de la farine, leur somme par différence avec la température de base permet de déterminer la température de l'eau.

Temps de chute de Hagberg (de la farine)

Méthode initiée par Hagberg pour déterminer l'intensité de l'activité **amylasique** de la farine. Elle est fondée sur la mesure de la **consistance**, en cours de **gélatinisation**, de la farine mélangée à de l'eau dans un tube positionné dans un bain marie.

Si l'activité **amylasique** est forte, l'intensité de l'**hydrolyse** est élevée ; la consistance de l'empois formé diminue en conséquence, l'agitateur positionné en partie haute du tube descend très rapidement, le temps de chute est donc court. Une valeur d'activité élevée pour des farines de type 55 est inférieure à 200 secondes et une activité faible se situe à des valeurs supérieures à 350 secondes.



Tube de gélatinisation de la méthode Hagberg. Source : Roussel P., Chiron H., 2002.

Temps de latence

Temps mis par une population microbienne pour amorcer sa **multiplication** et/ou la **fermentation**. Le temps de latence est un temps d'adaptation à de nouvelles conditions et de recouvrement de l'activité des micro-organismes. Il est fonction des conditions extérieures (température), du milieu et du temps de conservation (effet de stress cellulaire des acides, du bas pH, de l'éthanol). Un temps de latence court correspond à une plus grande réactivité.

Tenue

Il s'agit de l'écoulement ou du relâchement de la pâte sous son propre poids, ce qui correspond à une tenue insuffisante de la pâte.

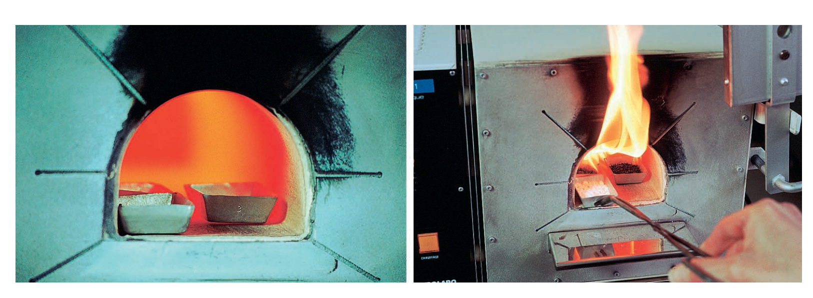
La tenue et la **fermeté** dépendent de la viscosité, mais il n'existe pas de corrélation parfaite entre ces deux mesures, la tenue étant très dépendante de la prise de **force de pâte** en cours de **panification**. Les défauts de tenue sont toujours notés en « insuffisance »; l'absence de relâchement, prenant en compte un léger affaiblissement après une déformation, est considérée comme le caractère « normal ».



Affaissement de la pâte après un temps de détente. Source : Projet BAKERY.

Teneur en cendres (de la farine)

Méthode pour déterminer la classification des **farines** (**types de farine**) dont le principe est l'incinération des farines à des températures élevées (méthodes à 550 °C ou à 900 °C). Le résidu ou cendres est formé de minéraux **oxydés**. La concentration en minéraux étant forte dans les enveloppes du grain, leur dosage permet donc de déterminer le niveau de blancheur de la farine ou sa proportion d'enveloppes. Du type 45 à 150, on passe de la farine la plus blanche à la plus « piquée » donc plus riche en enveloppes du grain (taux d'extraction en farine, élevé).



Début de la phase d'incinération de la farine dans un four à cendres. Source : Roussel P., Chiron H., 2002.

Tolérance d'un levain

Capacité d'un levain à supporter des écarts de conditions de fabrication (**température**, durée, etc.) sans modifications significatives de son **activité**.

Tolérance d'une pâte

Capacité d'une pâte à supporter des écarts de conditions de fabrication (**température**, durée, etc.) sans modifications significatives de ses caractéristiques physiques (**tenue**, **élasticité**, **extensibilité**, collant).

Tonicité d'une pâte

L'aspect tonique de la pâte peut être associé à la vigueur, à l'énergie. Cette énergie non dissipée dans la pâte au cours du pliage pendant l'opération de **rabat** ou de façonnage l'amène à être réactive, ce qui va se traduire par une force de nature élastique qui la conduit à se rétracter partiellement mais de manière instantanée (**élasticité**) et dans un deuxième temps à rester plus stable après pliage (**tenue**).

Tour (donner un tour)

Quand la durée de **pointage** est longue ou lorsque la pâte manque de **force**, il est opportun de provoquer la rupture de la pâte par un tour de pétrin qui entraîne :

— l'évacuation du gaz carbonique formé au sein de la pâte dont le volume est ramené à son volume initial ;

— l'augmentation de la **résistance élastique** de la pâte.

Cette opération, qui s'apparente à un **rabat**, restitue, pour un temps, à la pâte sa capacité de rétention gazeuse.

Tourne

Mise en forme ronde ou légèrement allongée de la pâte qui ne nécessite pas un **façonnage**. Dans les anciens schémas de **panification,** au levain notamment, la tourne est l'étape qui se situe entre la **division** et l'**apprêt**.

Type de farine de blé

La classification française des farines (types de farine) est basée sur leurs **teneurs en cendres**. Elle est associée à la notion de pureté ou de blancheur (peu d'enveloppes du grain).

Tableau 9. Caractérisation des types de farine.

Type de farine	Teneur en cendres ou matières minérales (% ramené à la matière sèche)	Aspect des farines
45	< 0,50	
55	0,50 à 0,60	Blanches
65	0,62 à 0,75	
80	0,75 à 0,90	Bises
110	1,00 à 1,20	
150	> 1,40	Complètes

Unité Formant Colonie (UFC ou CFU en anglais)

(voir **Numération**)

Variétés de blé anciennes, modernes

Une variété est un ensemble de plantes présentant des caractéristiques phénotypiques (morphologique, organoleptique, etc.), culturelles et historiques identifiées, et reconnue comme telle depuis le XIXe siècle par les paysans ou les sélectionneurs qui la développent et la cultivent. Une variété ancienne (ou variété locale, ou variété de pays) a une réalité historique avérée ; cette expression est généralement utilisée par les praticiens pour parler des variétés développées avant la création du *Catalogue officiel des espèces et variétés végétales* en 1932. Elle ne présente donc pas les caractères d'homogénéité génétique requis pour y être inscrite. Elle a pu être collectée et mise en conservatoire ou bien a été maintenue à la ferme ou au jardin selon des pratiques de gestion dynamique comme la sélection massale. Elle présente les caractères morphologiques, organoleptiques (phénotypiques) et/ou culturels décrits dans les récits historiques ou connus par les praticiens. Une variété moderne est issue d'une sélection homogénéisante mise en œuvre par des sélectionneurs s'appuyant sur les concepts de l'agronomie et de la **génétique**. Les variétés modernes présentent des caractéristiques de distinctivité, d'homogénéité ou de stabilité qui ont été évaluées et validées pour pouvoir être inscrites au catalogue des variétés et commercialisées. Elles doivent en outre répondre à des critères de valeur agronomique, technologique et environnementale.

Bibliographie

Bubendorff S., Masson E., 2016. « Diversité des pratiques boulangères et rapport au levain : un artisanat », Document de travail dans le cadre du projet de recherche participative BAKERY, non publié.

Bulletin d'information de la DGCCRF (Direction générale de la concurrence et de la consommation de la République française), 1992. Allégations dans le secteur alimentaire, réf. 92.483, étiquetage DG 716, 12.

Catalogue officiel des espèces et variétés végétales, 2020. <https://www.gnis.fr/catalogue-varietes/#catalogue-officiel-francais-des-varietes> (consulté le 24/03/2020).

CNERNA, 1977. *Le pain. Recueil des usages concernant les pains en France*, CNRS, Paris, 243-306.

Dewalque M., 2018. La recherche de la maturité de la pâte. Site Boulangerie.net, <http://dugrainaupain.org/spip.php?article62> (consulté le 18/03/2020).

FAO, 2010. <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=11037> (consulté le 18/03/2020).

Freire P., 1968. *Pedagogia do Oprimido*, traduction anglaise, 2014. *Pedagogy of the oppressed*, trad. Myra Bergman Ramos, Bloomsbury Academic, New York, 192 p.

Hoseney R.C., 1986. *Principles of Cereal, Science and Technology*, AACC, p. 77.

Initiative Gluten, 2017. <http://initiativegluten.com/quest-ce-que-le-gluten/> (consulté le 18/03/2020).

Larousse agricole, 1981. dir. Jean-Michel Clément, 1208 p.

Lhomme E., Urien C., Legrand J., Dousset X., Onno B. and Sicard D., 2014. Sourdough microbial community dynamics: an analyis during French organic bread-making processes. *Food Microbiology*, 53, A, 41-50.

Onno B., Ragot L., 1988. Élaboration d'un levain naturel. Aspects microbiologiques. *Industrie des Céréales*, 54, 17.

Rohrlich M., Todt F., Ziehmamm G., 1959. cités par Spicher G. Brümmer J.-M, 1983. *Baked Goods Biotechnology*, vol 5, éd. G. Reed, Verlag Chemie.

Roussel P., Chiron H., 2002. *Les Pains français. Évolution, qualité, production*, Vesoul, éditions Mae-Erti, 433 p.

Roussel, P., Chiron H., Ndiaye A., Della Valle G., 2006. « Vers une harmonisation du langage sensoriel dans la filière blé-farine-pain. Méthodologie de communication appliquée à un système d'aide à la décision en panification française (AsCoPain) ». *Industries des céréales*, 149, 24-31.

Sicard D., Ramsayer J., 2015. Petit glossaire de microbiologie. Document de travail labo UMR 1083, INRA-Montpellier.

Triptolème, 2014. *Glossaire de descripteurs en panification,* <https://d8b92f6c-d18e-448b-8096-048813230f01.filesusr.com/ugd/5f2088_19344355d19a4840812047a4f47feda9.pdf> (consultation le 20/03/2020).

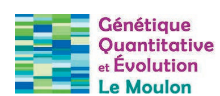
Participants au projet BAKERY

Serge Amalric – Pains et Gourmandises, Angélus, Diego et Françoise Arias – Le fournil du Collet, Frédéric Aubert –Turlupain, Candice Aulard, Jean-François et Cécile Berthellot – Ferme du Roc, Julie Bertrand, Josette Bessières, Frédéric Bigey, Rémy Joël Bobier – Maison Bobier, Maren Bonnand Ducasse – Biofournil, Louis Marie Bonneau, Mary Bonneau – Tardif, Hervé Boucard – Le pain des Arts, Sonia Boudaoud, Aurélie Bourgais, Alain et Françoise Bourgeois, Sandrine Bubendorff, Serge Casaregola, Benoit et Bernadette Cassan, Véronique Chable, Pierre Charbonnier – Gaeg les Ribages, Hélène Chaudy Simon – Ferme d'Orvilliers, Jocelyn Chéné, Victoria Chuat, Daniel Colin – CumPanis, Antoine Cormery, Rodolphe et Hélène Cornuau – Les herbes folles, Jean-Cyril Dagorn, Christian Dalmasso – GAEC la ferme du Pic-Bois, Patrick de Kochko, Yannick de Oliveira, Héloïse Débroise, Marion Deffrasnes, Xavier Dell'Armi – SCOP Pain Virgule, Christophe Denne – Fabiopain, Xavier Dousset, Cécile Dubart – Moulin des essarts, Bernard Ferry – Le pain et le levain, Rolland Feuillas – Les maîtres de mon moulin, Isabelle Goldringer, Pierre Gomes, Cécile Grondin, Stéphane Guezenec, Aline Hersant – Cérès à Honoré, Gilles-Richard Houdin-Decombe – Le pain qui court, Isabelle Hue, Noémie Jacques, Benoit Lairon – Reynier, Léocadie Lapicque, Judith Legrand, Pascal Leguern – Messidor, Émilie Lhomme, Cédric Liège – La boulangeoise, Marie-Noëlle Madec, Raphaël Marchal – Sucre d'ange, Antoine Marin, Stéphane Marrou – Le pain levain, Florian Marteau, Mickael Martel – La ferme de Colette, Estelle Masson, François Massonnet – Fournil éphémère, Elisa Michel, Anna Midol-Monnet – Au levain du soleil, Kristel Moinet, Maximillien Molle – Au levain du soleil, Pierre Montalent, Lili et Christophe Moyses – Ferme Moyses, Thibault Nidelet, Bernard Onno, Adrien et Benjamin Pelletier – Ferme d'Orvilliers, Michel et Dominique Perrin – Les plants, Sandrine Pinos, Renaud et Laure Pintat – Pierre à grain, Charles Poilly, Christian Pons, Bénédicte et Jan Putzeys – Barabio, Rudy Regnéry – Boulangerie Fantasia, Pierre Rivière, Yoann

Robert, Amaury Robert – Pain de Belledone, Ismael Rodriguez, Christophe Rostalski – Fournil Kristof, Philippe Roussel, Veronique Sarilar, Achim Schulzbongert – La meulière, Estelle Serpolay, Delphine Sicard, Gilles Simonneaux – Les petits chapelais, Nicolas Supiot, Bruno Taupier – Letage, Mathieu Thomas, Colin Tinsley, Philippe Turquet – Maison Landemain, Charlotte Urien, Florence Valence – Bertel, Gaultier Vexlard – Fournil éphémère, Camille Vindras

















Photos de couverture ; en haut, de gauche à droite : © Elisa Michel, Cécile Dubart et Delphine Sicard ;
en bas, de gauche à droite : © Bernard Onno, Nataliia Pyzhova/AdobeStock
Coordination éditoriale : Catherine Jalouneix
Édition : Juliette Blanchet
Maquette : Agence Graph'M
Mise en page : Hélène Bonnet – Studio 9
Imprimeur : Isiprint
Dépôt légal : mai 2020

Un système alimentaire durable doit contribuer à préserver la diversité biologique et culturelle, et conduire à une meilleure utilisation des fonctions écologiques des écosystèmes, tout en prenant en compte la dimension sociale et économique. Le développement d'une filière boulangerie durable passe donc par une meilleure compréhension des savoirs et des pratiques boulangères. Des paysans, des boulangers et des scientifiques ont réfléchi à un langage commun qui permette de se comprendre, de partager et de questionner les connaissances de la panification au levain naturel. Cette démarche a conduit à la construction d'un glossaire, destiné à ceux qui souhaitent se réapproprier les savoirs et les pratiques de la panification au levain.

Philippe Roussel est enseignant en technologie céréalière et bénévole à l'association ouvrière des Compagnons du Devoir et à l'association Triptolème, membre du réseau Semences paysannes.

Bernard Onno est enseignant chercheur en microbiologie et technologie des produits fermentés à Oniris Nantes pour la filière Ingénieur agroalimentaire.

Elisa Michel est l'auteur d'une thèse sur la diversité des espèces microbiennes dans les levains de panification française (Oniris et INRAE).

Delphine Sicard est directrice de recherche à INRAE (Montpellier). Elle étudie la diversité microbienne et son évolution face aux changements anthropiques.

Cet ouvrage est issu d'un projet de recherche participative intitulé «BAKERY» (Diversité et interactions d'un écosystème agroalimentaire, Blé/Homme/Levain, à faible intrant : vers une meilleure compréhension de la durabilité de la filière boulangerie).

19 €

ISBN : 978-2-7592-3166-9



Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com





Réf. : 02733